

KR E-03240

Rev.7, 28. March 2025

급전선로

2025. 03. 28



국가철도공단

REVIEW CHART

개정 번호	개정 일자	개정사유 및 내용(근거번호)	작성자	검토자	승인자
0	2008.11.12	철도전철전력설비 시설지침 제정 (국토부→공단 이관, 제정) (기준탐-2757호, '08.11.12)	유향복 이해원	이시용 김도원	강창호
1	2010.02.10	철도전철전력설비시설지침 전면개정 (기준심사처-269호, '10.02.10)	김동철 박순달 조성희	유승위 김도원	김영국
2	2011.12.01	철도전철전력설비설계지침 제정 (국토부 기준관리 체계 부합화) (설계기준처-373호, '11.12.01)	최석호 이해원 조성희	석종근 양인동	김영우
3	2012.12.05	설계기준체계 전면개정 (설계기준처-3537호, '12.12.05)	이해원	석종근 김은태	김영우
4	2022.12.09	설계기준체계 전면개정 (기준심사처-4696호, '22.12.07)	황재광 이석원	이창현 박재운	김종호
5	2023.11.27	관계 법령, 설계기준 등 인용 기준 최신화, 표현방식 변경, 오류사항 수정 등 단순사항 수정 (기준심사처-4429호, '23.11.27)	황재광 이석원	이창현 황석규	김종호
6	2024.11.25	KR CODE 고도화 방안에 따른 전면개정 (심사기준처-3508호, '24.11.22)	황재광 김종욱	백호순 황석규	손병두
7	2025.03.28	공단 건설기준 내실 정비 방안에 따른 개정 (심사기준처-1192호, '25.03.27.)	황재광 김종욱	황석규	박진용

목 차

지침

1. 급전선의 지지와 배열	1
2. 급전선 상호간의 이격거리	1
3. 급전선의 선종과 표준장력	1
4. 급전선의 접속	2
5. 급전분기선	2
6. 급전선의 높이	3

편람

해설 1. 급전선의 지지와 배열	4
1.1 급전선의 지지와 배열	4
해설 2. 급전선 상호간의 이격거리	6
해설 3. 급전선의 선종과 표준장력	7
해설 4. 급전선의 접속	8
4.1 급전케이블의 접속	8
해설 5. 급전분기선	9
해설 6. 급전선의 높이	10

참고 1. 급전선로의 설계	11
1.1 지지점에서의 인상력	11
1.2 완철 등	13
1.3 급전선의 가선 위치	18
참고 2. 급전선의 절연 이격거리 계산	19
2.1 급전선의 선간 이격거리	19
2.2 급전선의 지지물과의 이격거리	21

RECORD HISTORY	24
----------------------	----

경 과 조 치

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 “지침”은 설계 시 준수해야 하는 사항이며, “편람”은 설계용역 업무수행에 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서로 지침에 대한 해설과 참고자료를 수록하였습니다.

1. 급전선의 지지와 배열

전차선로의 급전선 지지와 배열 및 가선은 다음 각 호에 의한다.

- (1) 급전선은 가공식으로 하여 가공전차선로(지지물)에 가설한다. 다만, 부득이한 경우에는 케이블로 하거나 또는 콘크리트벽·천정이나 단독주에 가설할 수 있다.
- (2) 신설터널의 경우 급전선은 가공으로 시설하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 급전선이 구조물과 접근되어 절연이격거리가 미달인 구간에는 급전선으로 나전선 대신 케이블을 지지물의 양끝에서 장력을 가하지 않고 양 지지점에 인류하여 양 단말을 나전선과 접속시킨다. 다만 케이블의 한쪽 단말의 동차폐층에 충전전류 방지용 과전압피뢰기를 설치한 경우 접지 리드선을 통해 접지선과 연결시켜 접지를 하여야 한다.
- (4) 터널 내 설치된 급전선은 애자지지용 C찬넬에 안전이격거리 등을 확인하고 애지지대와 애자를 설치하여 가선하여야 한다.
- (5) 선로의 토공구간이 1km이상인 경우 급전선을 선로외측에 설치할 수 있다.
- (6) 인출설비에서는 인출용 고정빔의 높이에 근접한 전철주(9.5m)를 인출설비 양단 지지물에 시설하여 급전선의 급격한 높이변화로 지지점의 이상변형이 발생하지 않도록 한다.

2. 급전선 상호간의 이격거리

- (1) 급전선 상호간의 수평·수직의 이격거리는 경간 및 전선 상호간의 장력의 차이 등을 고려하여 혼측되지 않도록 시설한다.
- (2) 교류전차선로에서 M상, T상의 급전계통이 다른 급전선의 상호간은 1,200mm 이상 이격한다.
- (3) 교류급전선과 다른 가공전선과의 상호 수평이격거리는 KR E-03140에 의한다.

3. 급전선의 선종과 표준장력

급전선의 선종과 표준장력은 다음 각 호에 의한다.

- (1) 급전선에 사용하는 전선은 전기차의 부하특성 등 운전조건과 구조물, 기타조건 등을 고려하여 선정하고 그 사용온도가 허용최고 온도범위 이내를 유지하여야 한다.
- (2) 급전선은 강심알루미늄연선을 기본적으로 사용하되, 염해지역(내오손 B등급 이상) 및 공해(아황산가스 오염도 기준 24시간 평균치 0.05ppm이상), 터널 지역(디젤기관차와 병행되는 구간 중 환기설비가 없는 터널)에는 경동연선 또는 부식방지용 전선을 사용한다.
- (3) 강심알루미늄연선과 경동연선 접속 시에는 이중슬리브를 사용하여야 한다.
- (4) 급전선에 사용할 선종과 표준장력은 다음 표와 같다.



선종[mm ²]	표준장력[N]
경동연선 325	11,760
경동연선 200	9,800
경동연선 150	8,820
경동연선 125	7,840
경동연선 100	5,880
강심알루미늄연선 330	9,800
강심알루미늄연선 288	8,820
강심알루미늄연선 240	8,820
강심알루미늄연선 200	4,900
강심알루미늄연선 160	3,920
강심알루미늄연선 95	1,960

(5) 표준온도는 10℃ 기준이며, 사용 주위온도는 +40℃ ~ -25℃ 지역 기준으로 한다.

4. 급전선의 접속

- (1) 급전선의 접속은 직선접속을 원칙으로 한다.
- (2) 전선의 재질이 다른 급전선을 접속할 때에는 양쪽의 전선을 인류하여 장력이 없도록 하고, 이중슬리브를 사용하여야 한다.
- (3) 급전선(ACSR)의 경우 강스리브로 접속하여야 한다.

5. 급전분기선

- (1) 전차선로의 급전분기선 설비는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 속도등급 200킬로급 이하의 급전분기선은 100mm² 이상의 동연선 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 전선을 사용하고 운전전류가 큰 구간은 이중으로 설치하여야 한다.
 - ② 급전개폐기 설치개소에 사용하는 동봉 접속은 슬리브를 사용하여 압축접속하여야 한다.
 - ③ 속도등급 250킬로급 이상 절연구분장치의 중성구간에 설치된 양 전원선의 인류개소의 중간절연부분과 전차선간을 연결하는 균압선은 양측 평행개소의 중간전주 브래킷(인류측 브래킷)에 지지하여 연속균압선을 설치하여야 한다.
- (2) 급전분기선의 접속은 슬리브 또는 클램프접속으로 한다.
- (3) 급전분기선과 전차선·조가선과의 접속은 자동장력조정장치의 기능이 저하되지 않도록 시설한다.

6. 급전선의 높이

- ① 가공 급전선의 높이는 인체의 안전과 시설물의 보호에 필요한 높이 이상으로 설치하여야 하며, 과선교, 건널목 등의 급전선 높이는 다음 표에 의한다

종별	높이[m]
도로횡단 도로면상	6 이상
철도횡단 궤도면상	6.5 이상
기타 장소 지표상	6 이상
건널목 지표상	전차선 높이 이상(최소 5)
터널, 구름다리, 교량 등	부득이한 경우 3.5 이상

- ② 가공 급전선의 높이는 전차선로의 흐름방지, 인류장치, 장력장치 개소에 시설할 경우 급전선의 최대 이도에서 조가선과의 이격거리를 고려하여 시설하여야 한다.



해설 1. 급전선의 지지와 배열

※ 아래는 사용자 편의를 위해 본 해설과 연관된 기준을 표현한 것이며, 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.

철도건설규칙

제41조(가공 급전선의 위치)

나전선(裸電線)으로 시설하는 가공 급전선의 설치위치는 건축한계, 안전성, 경제성 및 절연 이격거리를 고려하여 정해야 한다.

철도설계기준(KDS 47 30 30 전차선로)

4.4 급전선의 설계

- (1) 급전선은 나전선을 적용하여 신설 터널의 경우 가공식으로 가설하도록 설계함을 원칙으로 한다. 단, 부득이한 경우 케이블로 설계할 수 있다.
- (2) 가공식은 전차선의 높이 이상으로 전차선로 지지물에 병가하며, 나전선의 접속은 직선접속을 원칙으로 한다.
- (3) 신설 터널 내 급전선을 가공으로 설계할 경우 지지물의 취부는 C찬넬 등을 적용할 수 있다.
- (4) 선상승강장, 인도교, 과선교 또는 교량 하부 등에 설치할 때에는 절연이격거리를 준수하여야 하고, 케이블 또는 절연방호관 등을 적용하여 설계한다.

철도설계지침

1. 급전선의 지지와 배열

전차선로의 급전선 지지와 배열 및 가선은 다음 각 호에 의한다.

- (1) 급전선은 가공식으로 하여 가공전차선로(지지물)에 가설한다. 다만, 부득이한 경우에는 케이블로 하거나 또는 콘크리트벽·천정이나 단독주에 가설할 수 있다.
- (2) 신설터널의 경우 급전선은 가공으로 시설하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 급전선이 구조물과 접근되어 절연이격거리가 미달인 구간에는 급전선으로 나전선 대신 케이블을 지지물의 양끝에서 장력을 가하지 않고 양 지지점에 인류하여 양 단말을 나전선과 접속시킨다. 다만 케이블의 한쪽 단말의 동차폐층에 충전전류 방지용 과전압피뢰기를 설치한 경우 접지 리드선을 통해 접지선과 연결시켜 접지를 하여야 한다.
- (4) 터널 내 설치된 급전선은 애자지지용 C찬넬에 안전이격거리 등을 확인하고 애자지지대와 애자를 설치하여 가선하여야 한다.
- (5) 선로의 토공구간이 1km이상인 경우 급전선을 선로외측에 설치할 수 있다.
- (6) 인출설비에서는 인출용 고정빔의 높이에 근접한 전철주(9.5m)를 인출설비 양단 지지물에 시설하여 급전선의 급격한 높이변화로 지지점의 이상변형이 발생하지 않도록 한다.

1.1 급전선의 지지와 배열

교류 급전선은 전차선로 지지물에 병가하고, 고압 배전선이나 통신선의 관계로부터 그 배열은 내측으로 하고 있다. 그 주요 이유는 BT급전방식의 부급전선은 고압 배전선 등의 관계가 없는 한 특히 구별은 하고 있지 않으나, 일반적으로 내측의 장주로

하고 있으며 AT급전방식의 급전선은, 그 특징에서 전차선과 급전선 상호 전자유도 경감효과를 보다 크게 할 목적에서 전차선과 동일한 내측으로 하고 있다.

급전선의 인류장치는, 그 지역에서의 급전선의 최대장력을 고려하여 장치의 각 부재가 안전율 2.5 이상인 것이 아니면 안 된다.

인류위치의 결정에 대해서는 전차선의 장력장치나 인류장치와 동일 지지물에 시설하여서는 안 된다. 또한, 급전선의 접속을 압축접속으로 하므로 장력이 작용하지 않는 개소에서 접속을 시행하여야 한다. 이는 접속개소에서 급전선이 이탈되는 사고를 방지하기 위함이며, 설치 높이는 부록의 시설기준에서 정해진 높이를 유지하여야 한다.



해설 2. 급전선 상호간의 이격거리

※ 아래는 사용자 편의를 위해 본 해설과 연관된 기준을 표현한 것이며, 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.

철도건설규칙

제41조(가공 급전선의 위치)

나전선(裸電線)으로 시설하는 가공 급전선의 설치위치는 건축한계, 안전성, 경제성 및 절연 이격거리를 고려하여 정해야 한다.

철도설계기준(KDS 47 30 30 전차선로)

4.4 급전선의 설계

- (1) 급전선은 나전선을 적용하여 신설 터널의 경우 가공식으로 가설하도록 설계함을 원칙으로 한다. 단, 부득이한 경우 케이블로 설계할 수 있다.
- (2) 가공식은 전차선의 높이 이상으로 전차선로 지지물에 병가하며, 나전선의 접속은 직선접속을 원칙으로 한다.
- (3) 신설 터널 내 급전선을 가공으로 설계할 경우 지지물의 취부는 C찬넬 등을 적용할 수 있다.
- (4) 선상승강장, 인도교, 과선교 또는 교량 하부 등에 설치할 때에는 절연이격거리를 준수하여야 하고, 케이블 또는 절연방호관 등을 적용하여 설계한다.

철도설계지침

2. 급전선 상호간의 이격거리

- (1) 급전선 상호간의 수평·수직의 이격거리는 경간 및 전선 상호간의 장력의 차이 등을 고려하여 혼촉되지 않도록 시설한다.
- (2) 교류전차선로에서 M상, T상의 급전계통이 다른 급전선의 상호간은 1,200mm 이상 이격한다.
- (3) 교류급전선과 다른 가공전선과의 상호 수평이격거리는 KR E-03140에 의한다.

해설 3. 급전선의 선종과 표준장력

※ 아래는 사용자 편의를 위해 본 해설과 연관된 기준을 표현한 것이며, 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.

철도설계지침

3. 급전선의 선종과 표준장력

급전선의 선종과 표준장력은 다음 각 호에 의한다.

- (1) 급전선에 사용하는 전선은 전기차의 부하특성 등 운전조건과 구조물, 기타조건 등을 고려하여 선정하고 그 사용온도가 허용최고 온도범위 이내를 유지하여야 한다.
- (2) 급전선은 강심알루미늄연선을 기본적으로 사용하되, 염해지역(내오손 B등급 이상) 및 공해(아황산가스 오염도 기준 24시간 평균치 0.05ppm이상), 터널 지역(디젤기관차와 병행되는 구간 중 환기설비가 없는 터널)에는 경동연선 또는 부식방지용 전선을 사용한다.
- (3) 강심알루미늄연선과 경동연선 접속 시에는 이중슬리브를 사용하여야 한다.
- (4) 급전선에 사용할 선종과 표준장력은 다음 표와 같다.

선종[mm ²]	표준장력[N]
경동연선 325	11,760
경동연선 200	9,800
경동연선 150	8,820
경동연선 125	7,840
경동연선 100	5,880
강심알루미늄연선 330	9,800
강심알루미늄연선 288	8,820
강심알루미늄연선 240	8,820
강심알루미늄연선 200	4,900
강심알루미늄연선 160	3,920
강심알루미늄연선 95	1,960

- (5) 표준온도는 10℃ 기준이며, 사용 주위온도는 +40℃ ~ -25℃ 지역 기준으로 한다.



해설 4. 급전선의 접속

※ 아래는 사용자 편의를 위해 본 해설과 연관된 기준을 표현한 것이며, 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.

철도설계지침

4. 급전선의 접속

- (1) 급전선의 접속은 직선접속을 원칙으로 한다.
- (2) 전선의 재질이 다른 급전선을 접속할 때에는 양쪽의 전선을 인류하여 장력이 없도록 하고, 이중슬리브를 사용하여야 한다.
- (3) 급전선(ACSR)의 경우 강스리브로 접속하여야 한다.

4.1 급전케이블의 접속

급전케이블의 접속간격은 현장 여건을 고려하여 유기전압을 초과하지 않은 범위로 하며, 케이블 접속제와 서지피뢰기의 접지단자간 전위차를 감안하여 접지 단자함 근처에 접속함 설치한다. 또한 써지 칩입시 개방단에 이상전압 방지를 위하여 시스용 서지피뢰기(Surge Arrester)설치 하며 접속도는 표준도에 의한다.

[시스 유기전압 계산식]

$$X_m = 2\omega \cdot \ln \frac{D}{r} \times 10^{-4} [\Omega/\text{km}], \quad V_s = X_m \cdot I \cdot L$$

L : 케이블 길이

D : 케이블 중심간 간격(급전케이블과 전차선간)

r : 금속시스 평균 반경

X_m : sheath의 리액턴스

I : 연장급전시 상,하선별 운전전류

V_s : 정상시 sheath 유기전압

해설 5. 급전분기선

※ 아래는 사용자 편의를 위해 본 해설과 연관된 기준을 표현한 것이며, 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.

철도설계지침

5. 급전분기선

(1) 전차선로의 급전분기선 설비는 다음 각 호에 의한다.

- ① 속도등급 200킬로급 이하의 급전분기선은 100mm² 이상의 동연선 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 전선을 사용하고 운전전류가 큰 구간은 이중으로 설치하여야 한다.
- ② 급전개폐기 설치개소에 사용하는 동봉 접속은 슬리브를 사용하여 압축접속하여야 한다.
- ③ 속도등급 250킬로급 이상 절연구분장치의 중성구간에 설치된 양 전원선의 인류개소의 중간절연부분과 전차선간을 연결하는 균압선은 양측 평행개소의 중간전주 브래킷(인류측 브래킷)에 지지하여 연속균압선을 설치하여야 한다.

(2) 급전분기선의 접속은 슬리브 또는 클램프접속으로 한다.

(3) 급전분기선과 전차선·조가선과의 접속은 자동장력조정장치의 기능이 저하되지 않도록 시설한다.



해설 6. 급전선의 높이

※ 아래는 사용자 편의를 위해 본 해설과 연관된 기준을 표현한 것이며, 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.

철도건설규칙

제41조(가공 급전선의 위치)

나전선(裸電線)으로 시설하는 가공 급전선의 설치위치는 건축한계, 안전성, 경제성 및 절연 이격거리를 고려하여 정해야 한다.

철도의 건설기준에 관한 규정

제42조(가공 급전선의 높이)

건널목 등과 같이 열차의 운행 및 일반인 등의 안전에 위해를 미칠 우려가 있는 경우에는 가공 급전선의 높이를 전차선 높이 이상으로 하여야 한다.

철도설계기준(KDS 47 30 30 전차선로)

4.4 급전선의 설계

- (1) 급전선은 나전선을 적용하여 신설 터널의 경우 가공식으로 가설하도록 설계함을 원칙으로 한다. 단, 부득이한 경우 케이블로 설계할 수 있다.
- (2) 가공식은 전차선의 높이 이상으로 전차선로 지지물에 병가하며, 나전선의 접속은 직선접속을 원칙으로 한다.
- (3) 신설 터널 내 급전선을 가공으로 설계할 경우 지지물의 취부는 C채널 등을 적용할 수 있다.
- (4) 선상승강장, 인도교, 과선교 또는 교량 하부 등에 설치할 때에는 절연이격거리를 준수하여야 하고, 케이블 또는 절연방호관 등을 적용하여 설계한다.

철도설계지침

6. 급전선의 높이

- ① 가공 급전선의 높이는 인체의 안전과 시설물의 보호에 필요한 높이 이상으로 설치하여야 하며, 과선교, 건널목 등의 급전선 높이는 다음 표에 의한다

종별	높이[m]
도로횡단 도로면상	6 이상
철도횡단 궤도면상	6.5 이상
기타 장소 지표상	6 이상
건널목 지표상	전차선 높이 이상(최소 5)
터널, 구름다리, 교량 등	부득이한 경우 3.5 이상

- ② 가공 급전선의 높이는 전차선로의 흐름방지, 인류장치, 장력장치 개소에 시설할 경우 급전선의 최대 이도에서 조가선과의 이격거리를 고려하여 시설하여야 한다.

참고 1. 급전선로의 설계

1.1 지지점에서의 인상력

- (1) 지지점 높이가 다른 경우에 작용하는 인상력 「또는 인하력」은 <식 (2)~(4)>에 의해 계산한다.

<그림 1>와 같이, 경간(S)의 전선이 BC 양쪽에 지지될 때에 그 고저차(H)가 커지면 종국적으로는 B점에서 인상력이 작용하게 된다. 또는 하기·동기에 전선장력의 변동에 따라서 이도의 변화가 생기고, 그것이 전술한 바와 같이 결과적으로 동기(최대장력일 때)에 인상력으로 작용하게 된다.

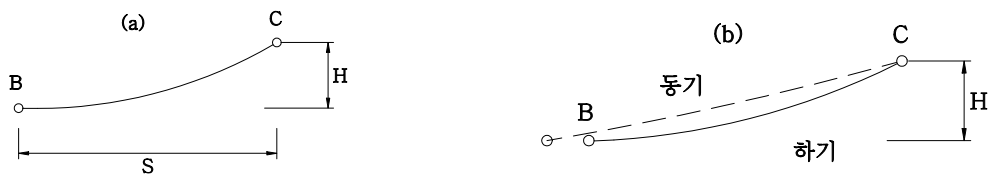


그림 1.

<그림 2>에서 가선장력은 BC 양지지점에서 근사적으로 동일하다고 하고,

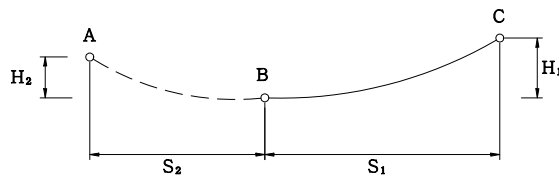


그림 2.

- T : 가선장력 [N]
P : B점에서의 수직분력 [N]
 H_1, H_2 : 지지점의 고저차 [m]
 S_1, S_2 : 경간길이 [m]
W : 전선의 단위중량 [N/m]

<그림 3>에서 원점 0의 주변의 회전력의 평형조건에 의해 다음 식이 생긴다.

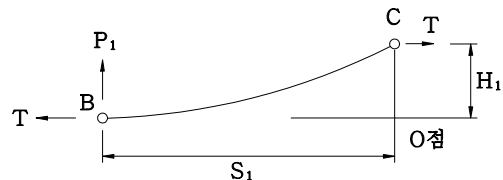


그림 3.

$$T \times H_1 = P_1 \times S_1 + T \times 0 + \int_0^{x_1} w \chi d\chi \quad \text{----- (1)}$$

$$TH_1 - P_1 S_1 - \frac{WS_1^2}{2} = 0 \text{ 이므로,}$$

① S_1 에 의한 것

$$P_1 = \frac{T_1 H_1}{S_1} - \frac{W \cdot S_1}{2} \quad \text{----- (2)}$$

② S_2 에 의한 것

$$P_2 = \frac{T_2 H_2}{S_2} - \frac{W \cdot S_2}{2} \quad \text{----- (3)}$$

③ B점에 있어서의 수직분력 P는

$$P = P_1 + P_2 \quad \text{----- (4)}$$

$P > 0$ 일 때, B점에 있어서 인상력이 작용한다.

P : B점에 있어서 수직분력 [N]

T_1, T_2 : 전선장력 [N]

H_1, H_2 : 지지점의 고저차 [m]

S_1, S_2 : 경간길이 [m]

W : 전선단위중량 [N/m]

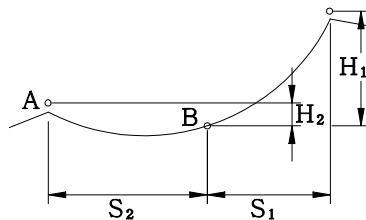


그림 4.

(2) 하방 지지점에 있어서 인상력이 작용치 않기 위한 고저차의 계산은 <식 (5)>에 의한다.

$$H \leq \frac{WS^2}{2T} \quad \text{----- (5)}$$

H : 지지점의 허용고저차 [m]

T : 전선장력 [N]

W : 전선단위중량 [N/m]

S : 경간길이 [m]

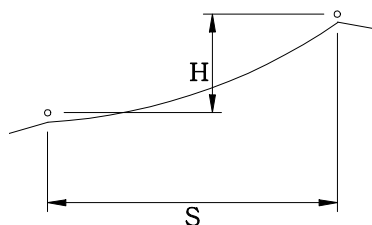


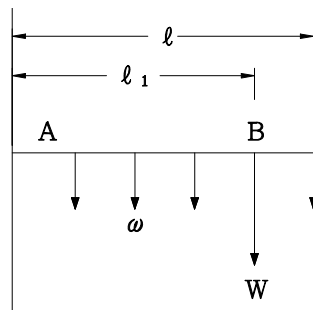
그림 5.

1.2 완철 등

완철, 전주대용물의 치수 결정에는 다음과 같은 사항을 고려하여 결정하지 않으면 안 된다.

- (1) 애자의 연결길이, 전선의 이도를 고려하고 바람의 세기에 의한 가선의 횡진동에 의한 이동량과 전기적 최소절연 이격거리에 의한 전선 선간거리를 확보할 수 있을 것
 - (2) 전선과 지지물과의 절연 이격거리도, 애자 연결길이를 고려하여 풍압하중과 곡선로의 횡장력에 의한 가선 이동량과 전기적 절연 이격거리를 확보할 수 있을 것
- 이와같이 선간 이격거리 및 절연 이격에 의해 완철길이가 결정되는 것 외에 최악의 자연조건에서 상정하중과 어느 정도의 설계여유를 본 완철의 크기를 결정한다.

[완철의 강도계산 예]



- ① A점에 발생하는 최대 휨응력

$$M_m = Wl_1 + \frac{\omega l^2}{2}$$

$$W = W_1 S_n + W_2$$

$$\sigma_m = \frac{M_m}{Z}$$

$$\sigma_m \leq f_m \text{ (SS275 허용휨응력도 } 18,333 \text{ [N/cm}^2\text{])}$$

- ② A점에 발생하는 최대 전단응력

$$F_s = W + \omega l$$

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A}$$

$$\sigma_m \leq f_s \text{ (SS275 허용전단응력도 } 10,585 \text{ [N/cm}^2\text{])}$$



- M_m : 최대 휨 모멘트 [N/m]
 σ_m : 완철재의 휨응력도 [N/cm²]
 Z : 완철재의 단면계수 [cm³]
 f_m : 완철재의 허용 휨응력도 [N/cm²]
 F_s : 최대 전단응력 [N]
 σ_s : 완철재의 전단응력도 [N/cm²]
 A : 완철재의 단면적 [cm²]
 f_s : 완철재의 허용전단 응력도 [N/cm²]
 W : 전선, 애자 등에 의한 수직하중 [N]
 ω : 완철재의 단위중량 [N/m]
 W_1 : 완철재의 단위중량 [N/m]
 W_2 : 애자 금구류의 중량 [N]
 ℓ : A점에서 부재 끝단까지의 거리 [m] : 1.28m
 ℓ_1 : A점에서 B점까지의 거리 [m] : 1.2m
 S_n : 전주경간 [m]

③ 외팔보의 휨 모멘트

가. 설계조건

- (가) 풍압하중 : 갑종풍압하중 [745 N/m²]
 (나) 경 간 : 50m
 (다) 전 선 : Cu 150mm² ×1조 [13.47 N/m]
 (라) 완 철 : 등변 ㄱ형강 L75×75×9 [97.6 N/m]
 (마) 애 자 : 현수애자 250mm×4 [56.84 N/개]

나. 수직하중

$$\text{전선중량 : Cu 150mm}^2 = 13.47 \times 50\text{m} = 673 \text{ [N]}$$

$$\text{현수 250mm} = 56.84 \times 4 = 227 \text{ [N]}$$

$$W_{150} = 673 + 227 = 900 \text{ [N]}$$

다. L75×75×9의 휨 응력

$$\begin{aligned}
 M_m &= W\ell + \frac{\omega\ell^2}{2} = 900 \times 1.2 + \frac{97.6 \times 1.28^2}{2} \\
 &= 1,080 + 80 \\
 &= 1,160 \text{ [N.m]} = 116,000 \text{ [N.cm]}
 \end{aligned}$$

$$Z = 12.1 \text{ [cm}^3\text{]} \text{ (단면계수)}$$

$$A = 12.69 \text{ [m}^2\text{]} \text{ (단면적)}$$

$$\sigma_m = \frac{M_m}{Z} = \frac{116,000}{12.1} = 9,586 \text{ [N/cm}^2\text{]}$$

$$f_m = 16,170 \text{ [N/cm}^2\text{]}$$

$$\sigma_m \leq f_m \quad 9,586 \leq 16,170 \text{ ----- 적합}$$

라. L75×75×9 전단응력

$$F_s = 900 + 97.6 \times 1.28 = 1,024 \text{ [N]}$$

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A} = \frac{1024}{80.69} = 12.69$$

$$\sigma_s \leq f_s \quad 12.69 \leq 10,585 \text{ ----- 적합}$$

[전주밴드 강도계산 예]

전주밴드에는 여러 종류가 있으나 여기서는 인장력이 가해지는 당김용 전주밴드에 대하여 밴드본체와 볼트부분의 강도를 검토한다.

(1) 전주밴드 본체

t : 두께 [cm]

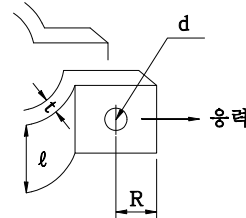
ℓ : 폭 [cm]

R : 연단과 볼트구멍 중심간의 거리 [cm]

d : 볼트구멍 직경 [cm]

d_b : 볼트직경 [cm]

이라하면 다음과 같은 파괴를 생각할 수 있다.



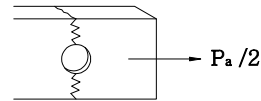
① 인장파괴

오른쪽 그림과 같이 인장하중에 대해 그림과 같이 파괴가 생긴다고 하면

허용인장 하중 P_a [N]

허용인장 응력도 f_b [N/cm²]

$$P_a = 2 \times (\ell - d) \times t \times f_b \text{ ----- (6)}$$



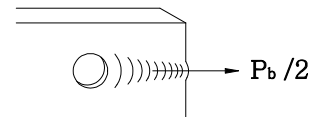
② 지압파괴

오른쪽 그림과 같이 인장하중에 대해 지압능력 부족에 의해 볼트후방에서 파괴가 생긴다고 하면

허용지압 하중 P_b [N]

허용지압 응력도 f_c [N/cm²]

$$P_b = 2 \times f_c \times d_b \times t \text{ ----- (7)}$$



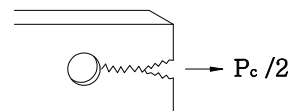


③ 휨파괴

오른쪽 그림과 같이 볼트의 후방이 휨모멘트에 의해 파괴가 생긴다고 하면

허용휨 응력 P_c [N]

허용휨 응력도 f_M [N/cm²]



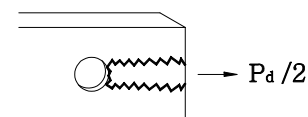
$$P_c = 2 \times \frac{8}{d} \times f_M \times \frac{t \left(R - \frac{d}{2} \right)^2}{6} \quad \text{----- (8)}$$

④ 전단파괴

오른쪽 그림과 같이 볼트의 후방에서 전단력에 의해 파괴가 발생한다고 하면

허용전단 하중 P_d [N]

허용전단 응력도 f_s [N/cm²]



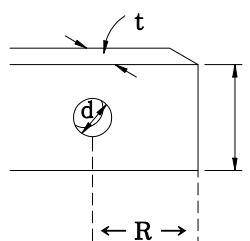
$$P_d = 4 \left\{ R - \sqrt{\left(\frac{d}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_b}{2} \right)^2} \right\} \times t \times f_s \quad \text{----- (9)}$$

이상 4개의 파괴가 상정되는데 다음 계산에서도 허용 휨응력 P_c 가 가장 작고 인류용 전주 밴드 본체의 치수는 이 값에 의해 결정된다.

표 1. 전주 밴드 응력도

SS275	두께 16mm 이하	허용인장 응력도 f_b	18,333 N/cm ²
		허용지압 응력도 f_c	30,250 N/cm ²
		허용 휨응력도 f_v	18,333 N/cm ²
		허용전단 응력도 f_s	10,585 N/cm ²
SS275 볼트	16mm 이하	허용전단 응력도 f_s	13,231 N/cm ²
	16을 넘고 40mm 이하	허용전단 응력도 f_s	12,750 N/cm ²

폭 $\ell = 6.5\text{cm}$
 두께 $t = 0.9\text{cm}$
 연단과 볼트구멍 중심간의 거리 $R = 3.0\text{cm}$
 볼트구멍 직경 $d = 2.15\text{cm}$
 볼트직경 $d_b = 2.0\text{cm}$



허용 인장응력

$$P_a = 2 \times (6.5 - 2.15) \times 0.9 \times 18,333 = 143,547 \text{ [N]}$$

허용 지압응력

$$P_b = 2 \times 30,250 \times 2.0 \times 0.9 = 108,900 \text{ [N]}$$

허용 휨응력

$$P_c = 2 \times \frac{8}{2.15} \times 16,170 \times \frac{0.9 \times \left(3.0 - \frac{2.15}{2}\right)^2}{6} = 66,887 \text{ [N]}$$

허용 전단응력

$$P_b = 4 \left\{ 3.0 - \sqrt{\left(\frac{2.15}{2}\right)^2 - \left(\frac{2.0}{2}\right)^2} \right\} \times 0.9 \times 9,310 = 95,334 \text{ [N]}$$

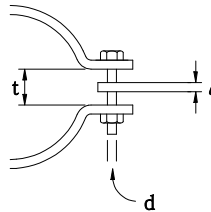
(2) 볼트의 강도계산

볼트의 강도계산은 다음에 의한다.

① 허용 휨응력 P_m 은

허용 휨응력도 : f_m

$$P_m = \frac{\pi d^3 f_m}{8 \left(t - \frac{\ell}{2}\right)}$$



② 허용 전단응력 P_s 는

허용 전단응력도 : f_s

$$P_s = f_s \times \frac{\pi d^2}{4}$$

이상 위 식에 의해 검토하고, 다음의 계산 예로부터도 허용휨응력 P_m 쪽이 작고, 볼트의 강도는 이 값에 의해 결정된다.

$$f_m : 15,680 \text{ [N/cm}^2\text{]}$$

$$P_s : 11,270 \text{ [N/cm}^2\text{]}$$

$$d : 2.0 \text{ [cm]}$$

$$t : 2.5 \text{ [cm]}$$

$$\ell : 1.2 \text{ [cm]}$$

라 하면, 허용휨응력 P_m 은



$$P_m = \frac{3.14 \times (2.0)^3 \times 15,680}{8 \times \left(2.5 - \frac{1.2}{2}\right)} = 25,911 \text{ [N]}$$

허용 전단응력 P_s 는

$$P_s = 11,270 \times \frac{3.14 \times (2.0)^2}{4} = 35,387 \text{ [N]}$$

이상 당김용 전주밴드 (두께9mm, 폭65mm일 때) 전주밴드 본체에는 66,000N 볼트부분 25,000N가 되며, 이 전주밴드에서는 25,000N의 인장하중까지 사용가능하다. 다만, 볼트 조임부의 간격 “t”는 표준의 2.5cm로 계산하였으나 2.5cm 이상이 되면 허용휨응력 25,000N 이하가 되므로 주의하고, 그때마다 계산하지 않으면 안 된다.

1.3 급전선의 가선 위치

고속철도 등의 경우 선로가 양호한 구간에서 토공구간이 1,000m이상인 개소에서 급전선로를 선로 외측으로 설계할 수 있다. 다만, 교량, 고가 구간, 교량 및 고가의 시·종점부, 터널 시·종점부, 선로와 인접하여 도로나 건축물이 있어 절연이격거리 확보가 곤란한 개소, 기타 외측에 공간 확보가 불가할 때나 전철주에 고(특고)압 배전선로를 첨가하는 경우 선로 내측으로 설계하여야 한다.

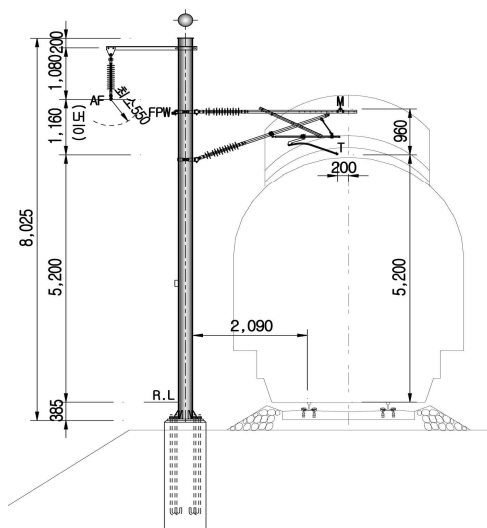


그림 6. 일반철도 장주도(토공일반개소)

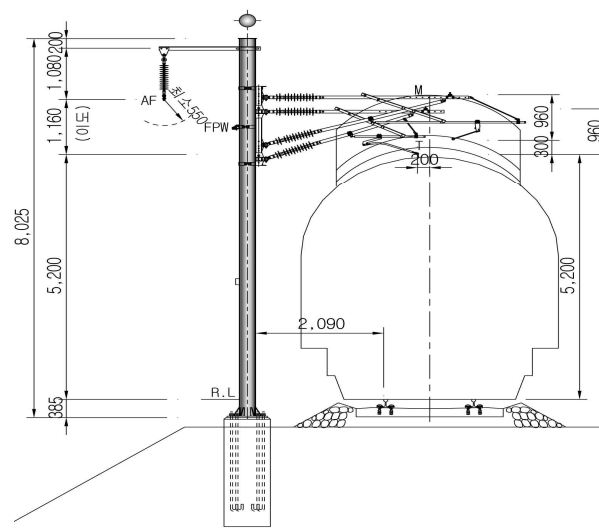


그림 7. 일반철도 장주도(평행개소)

참고 2. 급전선의 절연 이격거리 계산

2.1 급전선의 선간 이격거리

- (1) 전선이 2조 이상 수평으로 배열되어 가설되는 경우 전선상호간에 풍압 등에 의하여 접근되어 선간단락 등이 발생되지 않도록 항상 소요의 수평선간 이격거리를 확보할 필요가 있다. 특히, 전선이 받는 풍압에는 시시각각으로 변화하는 바람에 의한 것이 있으며, 이와 같은 바람의 상황하에서 수평으로 배치된 전선에는 각각 다른 풍압을 받으므로 전선상호간의 흔들림은 다음 그림과 같이 다르게 접근된다는 것을 생각할 수 있다.

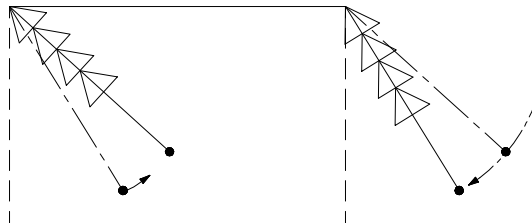


그림 8. 바람으로 인한 전선의 횡진

- (2) 이와 같은 풍압으로 수평선간 이격거리는 양쪽의 전선이 반대방향의 바람을 받은 것으로 생각하고 다음과 같은 <식 (10)>에 의한다.

$$C_K \geq 2 \times (L_i + d) \sin \theta + \epsilon \quad \text{-----} \quad (10)$$

C_K : 전선의 수평선간 이격거리 [m]

L_i : 애자의 연결길이(부속금구 포함) [m]

d : 전선의 이도 [m]

ϵ : 최소허용 접근거리 [m]

V : 선간전압 [kV]

θ : 풍압에 의한 횡진동 각도 [도] 단, $\tan^{-1} \frac{W'}{W}$

W : 전선의 단위중량 [N/m]

W' : 풍압의 등가풍속에 의한 전선에 받는 풍압 [N/m]

다만, 풍압에 의한 등가풍속은 13%로 한다.

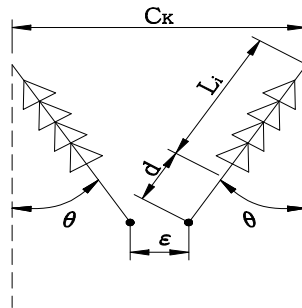


그림 9.

[급전선의 선간 이격거리의 계산 예]

(1) $L = \text{애차}(\Phi 250) + \text{지지금구} = 560 \text{ [mm]} + 295 \text{ [mm]} = 855 \text{ [mm]} = 0.855 \text{ [m]}$

(2) 풍속에 대응하는 풍압

급전선 1조의 경우

$$P = 745 \times \left(\frac{V_X}{35} \right)^2 = 745 \times \left(\frac{13}{35} \right)^2 = 102 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

(3) 풍압에 의한 진동각

급전선선종	Cu 100mm ²	Cu 150mm ²	비 고
항 목	1 조	1 조	
단위중량 W [N/m]	8.894	13.475	
단위풍압하중 W' [N/m]	1.345	1.666	
진동각 $\theta = \tan^{-1} \frac{W'}{W}$	859'	704'	
$\sin \theta$	0.149	0.122	

즉, Cu 100mm²×1조에서 최대의 진동각이 된다.

(4) 전선의 이도(Cu 100mm²×1조의 경우)

$$D_0 = \frac{W_0 S^2}{8T_0} \text{ ----- (11)}$$

$$T^3 - \left\{ T_0 - \frac{8AED_0^2}{3S^2} - AE\alpha(t - t_0) \right\} T^2 - \frac{AEW^2 S^2}{24} = 0 \text{ ----- (12)}$$

T : 전선의 t에서의 장력 [N]

T₀ : 전선의 표준온도 t₀에서의 표준장력 5,880 [N]

D : 장력 T에서의 이도 [m]

D₀ : 표준장력 T₀에서의 이도 [m]

A : 전선의 단면적 100.9 [mm²]

E : 전선의 탄성계수 11.76×10⁴ [N/mm²]

α : 전선의 선팽창 계수 1.7×10⁻⁵

W : 전선의 단위중량 [N/m]

W₀ : 전선의 무풍시 단위중량 8.894 [N/m]

S : 경간 50 [m]

t : 최고온도 40 [°C]

t₀ : 표준온도 10 [°C]

$$D_0 = \frac{8.894 \times 2,500}{8 \times 5,880} = 0.4727 \text{ [m]}$$

$$W = \sqrt{W_0^2 + W'^2} = \sqrt{(8.894)^2 + (1.345)^2} = 8.995 \text{ [N/m]}$$

이상의 값을 식(12)에 대입하여 40[°C] 일 때의 장력 T는

$$\therefore T \approx 3,356 \text{ [N]}$$

$$d = D = \frac{W S^2}{8T} = \frac{8.995 \times 2,500}{8 \times 3,356} = 0.84 \text{ [m]}$$

(5) 최소허용 접근거리

$$\epsilon = 0.003V = 0.003 \times 25 = 0.075 \text{ [m]}$$

(6) 전선의 수평선간 이격거리

$$MC_k \geq 2 \times (L_i + d) \sin\theta + \epsilon$$

$$C_k \geq 2 \times (0.855 + 0.84) \times 0.149 + 0.075 \geq 0.58 \text{ [m]}$$

이상의 결과에 의하여 급전선(Cu 100mm²) 2선의 선간 이격거리는 1m로 하여야 한다.

2.2 급전선과 지지물과의 이격거리

풍압 또는 횡장력에 의하여 동요 또는 경사되었을 경우 소요절연 이격거리는

<식 (13)>에 의한다.

$$C_h = L \sin\theta + D \text{ ----- (13)}$$



- Ch : 전선과 지지물과의 이격거리 [m]
 L : 애자의 연결길이(부속금구포함) [m]
 D : 최소 절연이격거리 [m]
 θ : 풍압 및 횡장력에 의한 경사각 [도]

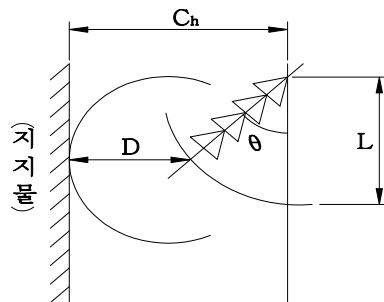


그림 10

[급전선 Cu 100mm²와 지지물의 이격거리 계산 예]

$$(W_1X_1 + W_2X_2)\sin\theta - (P_1X_1 + P_2X_2)\cos\theta = 0$$

$$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{P_1X_1 + P_2X_2}{W_1X_1 + W_2X_2} \quad \text{----- (14)}$$

$$X_1 = 0.855 \text{ [m]}$$

$$X_2 = 0.295 \text{ [m]}$$

항 목		곡선반경 경 간	R=∞m S=60m	R=800m S= 50m	R=500 S= 40m	R=300 S= 30m
W ₁	Cu 100mm ² 의 중량 [N]		533	444	355	266
W ₂	애자의 중량 [N]		213	213	213	213
P ₁	Cu 100mm ² 의 풍압하중 [N]		1,760	1,467	1,173	880
	Cu 100mm ² 의 횡장력 [N]		88	152	196	245
P ₂	애자의 풍압하중 [N]		134	134	134	134
θ	경사각		72°24 '	72°73 '	73°23 '	73°83 '

급전선과 지지물과의 이격거리는

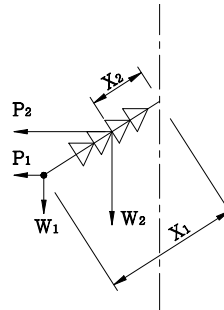


그림 11.

$$\begin{aligned}
 Ch &\geq \text{전주반경} + \text{최소이격거리} + L\sin\theta \\
 &\geq \frac{0.350}{2} + 0.25 + 0.855 \times 0.96 \\
 &\geq 1.245 \approx 1.3 \text{ [m]}
 \end{aligned}$$

절연이격거리는 부록의 시설기준에 의하며 급전선이 지지물 한쪽으로 2조가 가설되는 경우 급전선 상호간 이격거리는 유지보수를 감안하여 1m 이상으로 하고 급전선과 지지물간의 이격거리는 1.3m이상 이격하여야 한다.



RECORD HISTORY

- Rev.0(12.12.05) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는 데 목적을 둔.
- Rev.4(22.12.09) 기존선 터널, 건널목 등 기존 시설물과 배치되는 시설기준 개선(전철처-3504호, 2022.05.18.)
- Rev.5(23.11.27) 관계 법령, 설계기준 등 인용 기준 최신화, 표현방식 변경, 오류사항 수정 등 단순사항 수정(기준심사처-4429호, 2023.11.27.)
- Rev.6(24.11.25) “전철전력분야 철도건설기준 고도화 용역”으로 도출된 KR CODE 고도화 방안(편람을 해설과 참고로 구분, 국가기준 병기 등)에 따른 개정(심사기준처-3508호, 2024.11.22.)
- Rev.7(25.03.28) “전철전력분야 철도건설기준 고도화 용역”으로 도출된 공단 건설기준 내실 정비 방안(건설기준 및 설계 참고도 상충 사항 통일, 최신 설계 반영, 인용 기준 최신화, 불명확한 사항 수정)에 따른 개정(심사기준처-1192호, 2025.03.27.)