

KR E-03110

Rev.6, 19. December 2019

지선의 설계

2019. 12. 19.



한국철도시설공단

목 차

1. 지선의 시설	1
2. 지선의 설비	1
3. 지선의 사용제한	1
4. 지선의 도로횡단	1
5. 지선의 철도횡단	2
 해설 1. 지선의 설계	3
1. 지선의 종별 및 구성	3
1.1 지선의 종별	3
1.2 지선의 구성	3
2. 설계하중	3
2.1 하중의 분담	3
2.2 지선의 설계하중	3
3. 강도계산	5
3.1 지선의 안전율	5
3.2 지선용 선조의 강도계산	5
 RECORD HISTORY	23

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 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. 지선의 시설

- (1) 각도주·인류주 기타 불평형장력이 작용하는 전주에는 특수한 경우를 제외하고는 지선을 시설한다.
- (2) 지선은 원칙적으로 용지 내에 시설하여 통행인·자동차 등에 의하여 손상을 받지 아니하는 장소에 시설한다. 다만, 야광페인트로 도색된 보호관(보호커버)을 사용하여 위험의 우려가 없도록 시설하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- (3) 지선과 전주와의 설치 각도는 45° 를 표준으로 한다. 다만, 부득이한 경우에는 30° 까지 줄일 수 있다.
- (4) 경사가 급한 사면 등의 지반이 붕괴될 우려가 있는 장소 또는 지반이 연약한 장소에 설치하는 지선에는 근입을 특히 깊이 하거나 또는 콘크리트 등으로 보강하여야 한다.
- (5) 지선은 전차선의 인류방향과 일치하도록 시설하는 것을 원칙으로 하되, 지선이 인류방향과 일치하기 곤란한 교량이나 특수개소 등에서는 노반의 조건을 고려하여 설치한다.

2. 지선의 설비

- (1) 전철용 지선설비는 다음 각 호에 의한다.
 - ① 지선은 $135[\text{mm}^2]$, $90[\text{mm}^2]$ 및 $55[\text{mm}^2]$ 의 아연도강연선 또는 동등 이상의 아연도강봉을 사용한다.
 - ② 가공전차선·급전선 및 부급전선의 인류용 밴드와 지선용 전주밴드는 분리하여 시설한다.
 - ③ 가공전차선로용 지선은 V형 또는 아연도 강봉을 사용한 보통지선으로 한다. 다만, 기설된 2단 지선은 향후 개량 시까지 사용한다.
 - ④ 지선은 하중과 토질에 적합한 콘크리트 기초 또는 지선용 블록을 사용한다.
- (2) 지선을 취부 할 수 없는 경우에는 지주로 대용할 수 있다.

3. 지선의 사용제한

- (1) 가공전선로의 지지물로서 사용하는 철탑은 지선을 사용하여 그 강도를 분담시키지 아니한다.
- (2) 가공전선로의 지지물로서 사용하는 철주·콘크리트주는 지선을 사용하지 아니하는 상태에서 풍압하중의 $1/2$ 이상의 하중에 견디는 강도를 가지는 경우를 제외하고는 지선을 사용하여 그의 강도를 분담시키지 아니한다.

4. 지선의 도로횡단

도로를 횡단하여 시설하는 지선의 높이는 지표상 $5[\text{m}]$ 이상으로 한다. 다만, 기술상



부득이한 경우로서 교통에 지장을 줄 우려가 없을 때에는 지표상 4.5[m] 이상, 보도의 경우에는 보도상 2.5[m] 이상으로 할 수 있다.

5. 지선의 철도횡단

전철구간에 있어서 지선은 원칙적으로 철도를 횡단하여 시설할 수 없다.

해설 1. 지선의 설계

1. 지선의 종별 및 구성

1.1 지선의 종별

지선의 종별은 다음과 같다.

1.1.1 사용개소별에 의한 분류

- (1) 인류용지선
- (2) 곡선당김용지선
- (3) 스펀션용지선

1.1.2 형상별에 의한 분류

- (1) 단지선
- (2) 2단지선
- (3) V지선
- (4) 수평지선
- (5) 궁형지선

1.2 지선의 구성

전차선로에 사용하는 지선의 표준구조는 표준도에 의한다.

2. 설계하중

2.1 하중의 분담

지선은 전주에 작용하는 수평하중을 100% 분담한다.

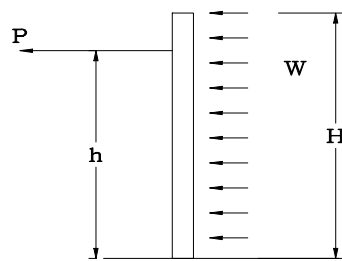
2.2 지선의 설계하중

지선의 설계하중은 다음과 같다.

2.2.1 인류용지선

인류되는 전선의 장력최대치와 인류주에서 받는 풍압하중의 합으로 한다.

전선장력의 최대치란 전주에서 받는 풍압의 합인데, 풍압은 전선위치의 하중으로 환산할 필요가 있다.



P : 전선장력
W : 단위 길이당 풍압
H : 전주의 지표높이
h : 인류점 높이

그림 1.

전주풍압에 의한 지면모멘트는

$$\frac{W H^2}{2}$$

이것을 인류점 높이의 하중으로 환산한 값을 P' 라 하면

$$P h = \frac{W H^2}{2}$$

$$P' = \frac{W H^2}{2h}$$

따라서 지선강도를 검토할 경우 h점의 하중은

$$P + P' = P + \frac{W H^2}{2h}$$

가 된다.

2.2.2 진동방지용 지선

각 가섵선의 풍압은 다음과 같이 검토한다.

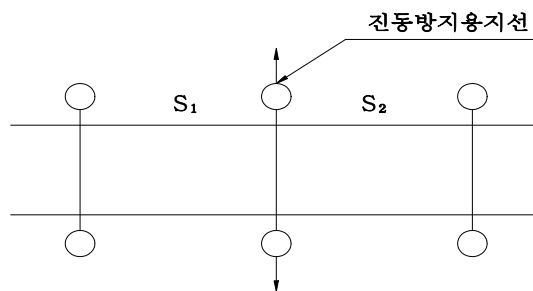


그림 2.

전선이 풍압을 받는 길이 $\frac{S_1 + S_2}{2}$

어떤 전선 1조의 풍압 $\frac{S_1 + S_2}{2} \cdot W$

어떤 전선 n조의 풍압 $\frac{S_1 + S_2}{2} \cdot W \cdot n$

각 가접선의 풍압은, 상기에 의해 계산한 각 전선풍압의 합이다.

다만, S : 지지물경간 [m]

W : 단위길이당 풍압 [N/m]

n : 전선조수

전주의 풍압은 「2.2.1 인류용지선의 계산」에 준한다.

2.2.3 곡선당김용지선

각 가접선에서 받는 횡장력 및 풍압하중과 지지주에서 받는 풍압하중의 합으로 한다.

2.2.4 스펀션용지선

- (1) 스펀션용장력의 최대치로 하며, 이는 하기 경우와 동기 경우가 있고, 그 각각에 대해 그 때의 풍압에 의한 하중을 가산하여 큰쪽을 고려하지 않으면 안 된다.
- (2) 지지주의 풍압하중은 각 지선으로 등분한다.

지지주의 풍압을 각 지선으로 등분한다는 것은, 스펀션 양측의 지선으로 등분한다는 것은 아니다. 풍상측(風上側)에 있는 지선이 복수인 경우 그들의 지선으로 하중을 등분한다는 것이다.

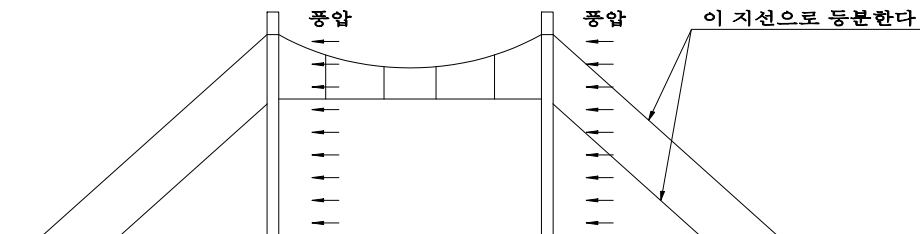


그림 3.

3. 강도계산

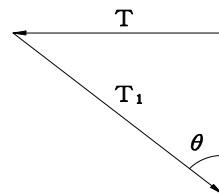
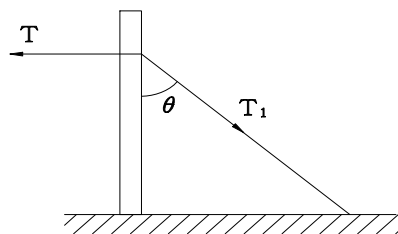
3.1 지선의 안전율

전차선로에 사용하는 지선의 안전율은 선형일 경우 2.5이상, 강봉형일 경우 허용응력에 대하여 1.0이상으로 한다.

3.2 지선용 선조의 강도계산

지선용 선조의 강도계산은 다음과 같다.

3.2.1 단지선의 경우



$$\frac{T}{T_1} = \sin \theta$$

$$T_1 = \frac{T}{\sin \theta}$$

$$P \geq 2.5 T_1 = 2.5 \cdot \frac{T}{\sin \theta}$$

$$P \geq 2.5 T \cdot \frac{1}{\sin \theta} \quad (1)$$

T : 수평외력 [kN]

T_1 : 지선에 작용하는 장력 [kN]

P : 지선용재료의 항장력 [kN]

θ : 지선의 전주와의 각도 [$^\circ$]

3.2.2 2조 일괄의 단지선의 경우

지선 설치점에 있어서 수평방향의 합성인장력을 T라 하면

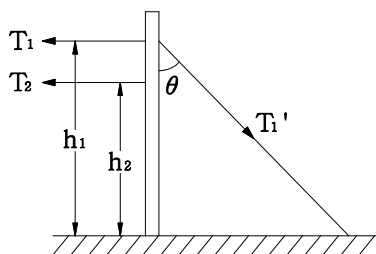
$$T \cdot h_1 = T_1 \cdot h_1 + T_2 \cdot h_2$$

$$T = T_1 + T_2 \cdot \frac{h_2}{h_1}$$

그러므로

$$T'_1 = \frac{T}{\sin \theta} = \left(T_1 + T_2 \cdot \frac{h_2}{h_1} \right) \cdot \frac{1}{\sin \theta}$$

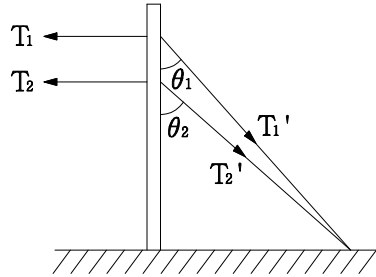
$$P \geq 2.5 \cdot \left(T_1 + T_2 \cdot \frac{h_2}{h_1} \right) \cdot \frac{1}{\sin \theta} \quad (2)$$



3.2.3 V지선의 경우

$$P_1 \geq 2.5T_1 \cdot \frac{1}{\sin \theta_1} \quad (3)$$

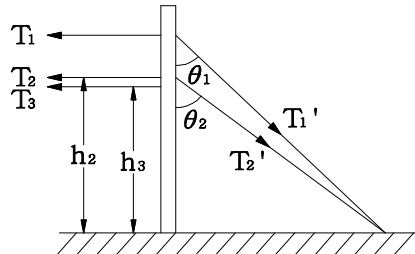
$$P_2 \geq 2.5T_2 \cdot \frac{1}{\sin \theta_2} \quad (4)$$



3.2.4 2조 일괄 V지선의 경우

$$P_1 \geq 2.5T_1 \cdot \frac{1}{\sin \theta_1} \quad (5)$$

$$P_2 \geq 2.5 \cdot (T_2 + T_3 \cdot \frac{h_3}{h_2}) \cdot \frac{1}{\sin \theta_2} \quad (6)$$



3.2.5 수평지선의 경우

$$T_1 = \frac{T}{\sin \theta}$$

그러므로

$$\frac{T_o}{\sin \alpha} = \frac{T_1}{\sin \beta} \text{ (rummy의 정리)의 관계가 있으므로}$$

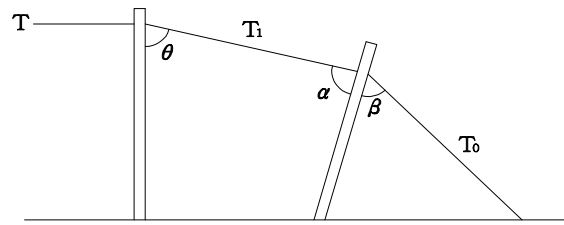
$$\begin{aligned} T_o &= \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot T_1 \\ &= \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot \frac{T}{\sin \theta} \end{aligned}$$

따라서

$$P_1 \geq 2.5T \cdot \frac{1}{\sin \theta} \quad (7)$$



$$P_0 \geq 2.5 \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \theta \cdot \sin \beta} \quad (8)$$



3.2.6 고가구조물에 설치한 지선의 경우

고가구조에 설치한 지선은, 일반토양 개소에 설치된 지선에 비해, 양 지지점 개소의 유연성이 뒤지고 고정이 되므로, 온도변화, 풍압등에 의한 지선의 장력 증가분을 고려할 필요가 있다.

(1) 온도변화에 의한 것

온도가 저하하면 전선의 특성에 의해 지선장력이 증가하게 된다. 그러나 <그림 4>와 같이 지선장력 증가에 의해 전주에 휨이 생기므로 지선의 장력증가는, 휨량만큼 감소하게 된다.

지금 여기에서

$$(T_2 - T_1) \cdot n = \Delta T \cdot n \text{ 라 하면}$$

온도저하에 의한 지선의 수축길이 $\Delta \ell$ 은, 전선의 특성 (선팽창 및 탄성계수)에 의해 다음식과 같이 된다.

$$\Delta \ell = \alpha \cdot t \cdot \frac{S}{\cos \theta} - \frac{\Delta T \cdot n}{E \cdot A \cdot n} \cdot \frac{S}{\cos \theta}$$

지선의 장력증가에 의한 전주의 휨량 δ 는 다음식과 같이 된다.

$$\delta = \frac{\Delta T \cdot n \cdot \cos \theta \cdot H^3}{3 \cdot E_p \cdot I_p}$$

고로 온도저하에 의해 수축된 지선길이 $\Delta \ell$ 은, 전주에 휨 δ 를 가하는 것으로 하면

$$\Delta \ell \approx \delta$$

$$\therefore \alpha \cdot t \cdot \frac{S}{\cos \theta} - \frac{\Delta T \cdot n}{E \cdot A \cdot n} \cdot \frac{S}{\cos \theta} = \frac{\Delta T \cdot n \cdot \cos \theta \cdot H^3}{3 \cdot E_p \cdot I_p}$$

양변에 $\cos \theta$ 를 곱하여 ΔT 에 대해 정리하면

$$\alpha \cdot t \cdot S - \frac{S}{E \cdot A \cdot n} \cdot \Delta T \cdot n = \frac{H^3 \cdot \cos^2 \theta}{3 \cdot E_p \cdot I_p} \cdot \Delta T \cdot n$$

$$\therefore \Delta T = \frac{\alpha \cdot t \cdot S}{\frac{H^3 \cdot \cos^2 \theta}{3 \cdot E_p \cdot I_p} + \frac{S}{E \cdot A \cdot n}} \cdot \frac{1}{n}$$

고로

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{\alpha \cdot t \cdot S}{\frac{H^3 \cdot \cos^2 \theta}{3 \cdot E_p \cdot I_p} + \frac{S}{E \cdot A \cdot n}} \cdot \frac{1}{n} \quad (9)$$

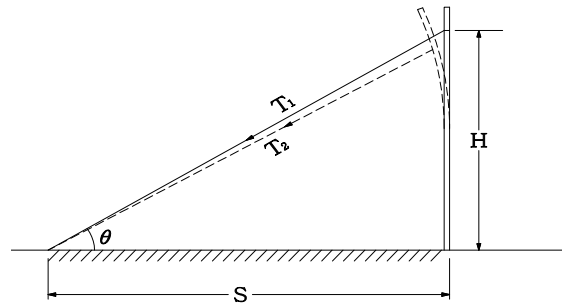


그림 4.

(2) 인류주의 풍압하중에 의한 것

<그림 5>에 나타난 바와 같이, 인류주에 지선과 평행방향의 풍압을 받으면, 인류주는 풍압하중에 의한 휨이 생기고, 지선에 인장력이 작용하여 지선장력이 증가하게 된다.

지금 여기에서

$$(T_2 - T_1) \cdot n = \Delta T \cdot n$$

인류주의 풍압하중에 의한 H점의 휨량을 δ_p , 지선의 장력증가에 의한 H점의 휨량을 δ_T 라 하면 인류주의 H점의 휨은, 풍압하중에 의한 휨 δ_p 에서, 장력증가에 의한 휨 δ_T 를 뺀 휨이 되고, H점의 휨량 δ 는 다음식과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \delta &= \delta_p - \delta_T \\ &= \frac{P_w}{2 \cdot E_p \cdot I_p} \cdot \left(\frac{L^2 \cdot H^2}{2} - \frac{L \cdot H^3}{3} + \frac{H^4}{12} \right) - \frac{\Delta T \cdot n \cdot \cos \theta \cdot H^3}{3 \cdot E_p \cdot I_p} \end{aligned}$$

또한 지선의 장력이 증가함에 따라, 지선은 탄성적 신장 $\Delta \ell$ 이 생겨서 다음식과 같이 된다.

$$\Delta \ell = \frac{\Delta T \cdot n}{E \cdot A \cdot n} \cdot \frac{S}{\cos \theta}$$

고로, 전주의 휨량 δ 는, 지선의 신장 $\Delta \ell$ 만이라 하면

$$\begin{aligned} \delta &\approx \Delta \ell \\ &= \frac{P_w}{2 \cdot E_p \cdot I_p} \cdot \left(\frac{L^2 \cdot H^2}{2} - \frac{L \cdot H^3}{3} + \frac{H^4}{12} \right) - \frac{\Delta T \cdot n \cdot \cos \theta \cdot H^3}{3 \cdot E_p \cdot I_p} \\ &= \frac{\Delta T \cdot n}{E \cdot A \cdot n} \cdot \frac{S}{\cos \theta} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= \Delta T \cdot \frac{n}{\cos \theta} \cdot \left(\frac{H^3 \cdot \cos \theta}{3 \cdot E_p \cdot I_p} + \frac{S}{E \cdot A \cdot n} \right) \\
 &= \frac{P_w}{2 \cdot E_p \cdot I_p} \left(\frac{L^2 \cdot H^2}{2} - \frac{L \cdot H^3}{3} + \frac{H^4}{12} \right) \\
 \therefore \Delta T &= \frac{\frac{P_w}{2 \cdot E_p \cdot I_p} \cdot \left(\frac{L^2 \cdot H^2}{2} - \frac{L \cdot H^3}{3} + \frac{H^4}{12} \right)}{\frac{H^3 \cdot \cos^2 \theta}{3 \cdot E_p \cdot I_p} + \frac{S}{E \cdot A \cdot n}} \cdot \frac{\cos \theta}{n}
 \end{aligned}$$

고로,

$$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{\frac{P_w}{2 \cdot E_p \cdot I_p} \left(\frac{L^2 \cdot H^2}{2} - \frac{L \cdot H^3}{3} + \frac{H^4}{12} \right)}{\frac{H^3 \cdot \cos^2 \theta}{3 \cdot E_p \cdot I_p} + \frac{S}{E \cdot A \cdot n}} \cdot \frac{\cos \theta}{n} \quad (10)$$

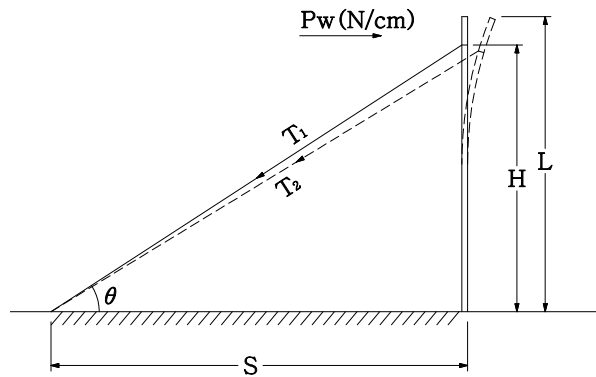


그림 5.

(3) 선조의 풍압하중에 의한 것

지선에 풍압을 받으면, 풍압하중에 의해 지선의 장력이 증가하게 된다. 그러나 <그림 6>에 표시한 바와 같이 지선장력 증가에 따라 전주에 휨이 생기므로, 지선의 장력증가는, 휨량 만큼 줄어들게 된다.

지금 여기에서 변화전의 지선실장을 ℓ_1 , 변화 후 지선 실장을 ℓ_2 로 해서, 지선의 실장 ℓ_1 , ℓ_2 를 구하면, 다음식과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
 \ell_1 &= \frac{S}{\cos \theta} + \frac{W_1^2 \cdot \left(\frac{S}{\cos \theta} \right)^3}{24T_1^2} \\
 \ell_2 &= \left(\frac{S}{\cos \theta} - \delta \right) + \frac{W_2^2 \cdot \left(\frac{S}{\cos \theta} - \delta \right)^3}{24T_2^2}
 \end{aligned}$$

여기에서 ℓ_2 의 제2항 $\left(\frac{S}{\cos\theta} - \delta\right)$ 를

$\left(\frac{S}{\cos\theta} - \delta\right) \doteq \frac{S}{\cos\theta}$ 라 하면 ℓ_2 는 다음식과 같이 된다.

$$\ell_2 = \frac{S}{\cos\theta} - \delta + \frac{W_2^2 \left(\frac{S}{\cos\theta}\right)^3}{24T_2^2}$$

전주의 휨량 δ 는

$$\delta = \frac{H^3 \cdot n \cdot (T_2 - T_1) \cdot \cos\theta}{3 \cdot E_P \cdot I_P}$$

가 되어 ℓ_2 의 식에 δ 를 대입하면 다음식과 같이 된다.

$$\ell_2 = \frac{S}{\cos\theta} - \frac{H^3 \cdot n \cdot (T_2 - T_1) \cdot \cos\theta}{3 \cdot E_P \cdot I_P} + \frac{W_2^2 \cdot \left(\frac{S}{\cos\theta}\right)^3}{24T_2^2}$$

또한, 지선의 장력 증가에 의해, 전선의 탄성적 신장량 $\Delta\ell$ 는 다음식으로 나타낸다.

$$\Delta\ell = \frac{n \cdot (T_2 - T_1)}{E \cdot A \cdot n} \cdot \frac{S}{\cos\theta}$$

따라서 전선의 탄성적 신장량 $\Delta\ell$ 은, 지선 실장의 변화량이므로 다음식과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \Delta\ell &= \ell_2 - \ell_1 \\ &\therefore \frac{n \cdot (T_2 - T_1)}{E \cdot A \cdot n} \cdot \frac{S}{\cos\theta} \\ &= \left\{ \frac{S}{\cos\theta} - \frac{H^3 \cdot n(T_2 - T_1) \cdot \cos\theta}{3 \cdot E_P \cdot I_P} + \frac{W_2^2 \cdot \left(\frac{S}{\cos\theta}\right)^3}{24T_2^2} \right\} \\ &\quad - \left\{ \frac{S}{\cos\theta} + \frac{W_1^2 \cdot \left(\frac{S}{\cos\theta}\right)^3}{24T_1^2} \right\} \end{aligned}$$

양변에 $\cos\theta$ 를 곱하여 정리하면

$$\begin{aligned} &n \cdot (T_2 - T_1) \cdot \frac{S}{E \cdot A \cdot n} \\ &= -n \cdot (T_2 - T_1) \cdot \frac{H^3 \cdot \cos^2\theta}{3 \cdot E_P \cdot I_P} + \frac{S^3}{24\cos^2\theta} \cdot \frac{W_2^2}{T_2^2} - \frac{S^3}{24\cos^2\theta} \cdot \frac{W_1^2}{T_1^2} \end{aligned}$$

고로,

$$n \cdot (T_2 - T_1) \cdot \left(\frac{H^3 \cdot \cos^2\theta}{3 \cdot E_P \cdot I_P} + \frac{S}{E \cdot A \cdot n} \right) = \frac{S^3}{24 \cdot \cos^2\theta} \cdot \left(\frac{W_2^2}{T_2^2} - \frac{W_1^2}{T_1^2} \right) \quad (11)$$

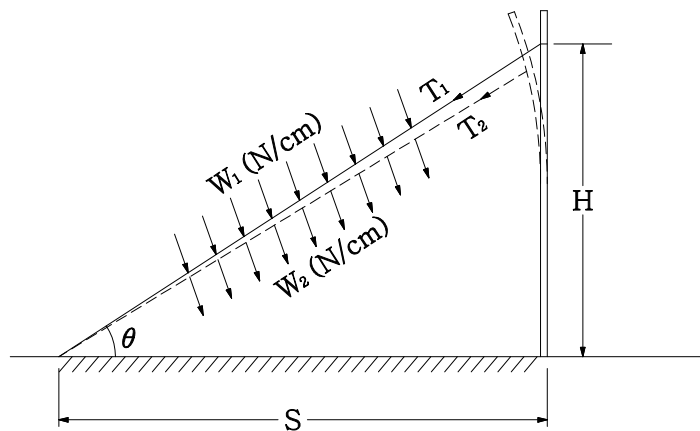


그림 6.

ΔT : 지선의 장력변화량 「1조당」 [N/본]

T_2 : 변화후의 장력 「1조당」 [N/본]

T_1 : 변화전의 장력 「1조당」 [N/본]

α : 지선의 선팽창계수

t : 온도의 변화량 [$^{\circ}\text{C}$]

S : 지선의 설치거리 [cm]

H : 지선의 설치높이 [cm]

L : 지지물의 길이 [cm]

E_p : 지지물의 영률 [N/cm^2]

I_p : 지지물의 단면2차모멘트 [cm^4]

E : 지선의 영률 [N/cm^2]

A : 지선의 단면적 [cm^2]

n : 지선의 조수 [本]

P_w : 지지물의 풍압하중 [N/cm^2]

W_1 : 변화전의 지선의 단위중량(풍압포함) [N/cm]

W_2 : 변화후의 지선의 단위중량(풍압포함) [N/cm]

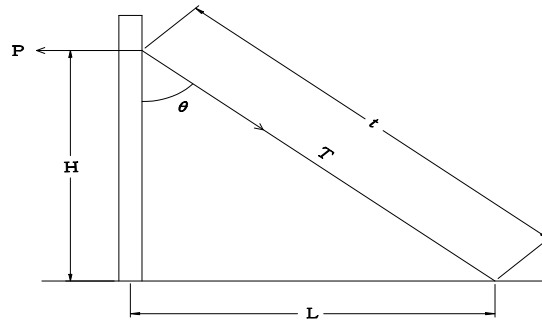
θ : 지선의 지표면과의 설치각도 [$^{\circ}$]

[지선장도 계산 예]

1. 개 요

지선에 적용되는 장력은 자동장력조정장치가 설치되는 장력 및 인류개소에는 표준장력을 적용하고 급전선, 비절연보호선 인류개소는 병종풍압에 온도변화에 의한 최저온도(-20℃)를 적용하여 전선의 장력을 검토하고 V형지선 및 강봉지선에 대하여 안정성 여부와 그 대책에 대하여 검토하고자 한다.

2. 기본공식



$$T \geq \frac{P}{\sin \theta} \times F$$

$$\sin \theta = \frac{L}{t}$$

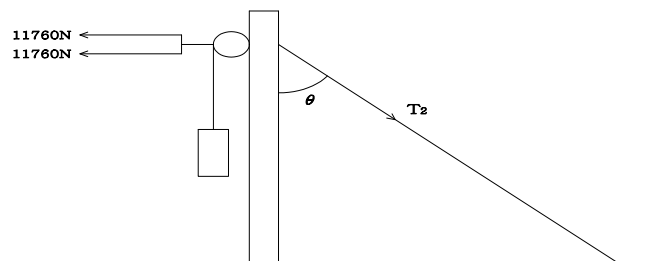
T : 지선의 장력 [N]

P : 전선의 합성장력 [N]

θ : 전주에 대한 지선의 각도 [°]

F : 지선의 안전율 (2.5)

3. 자동장력 설치개소



(1) 일반개소 (23,520[N]용)

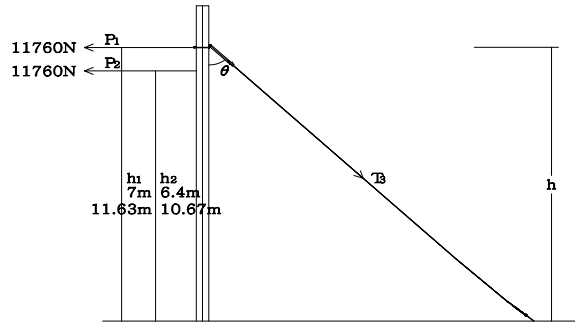
$$T = \frac{23,520}{\sin 45} \times 2.5 = 83,155 \text{ [N]}$$



(2) 고가개소 (23,520[N]용)

$$T = \frac{23,520}{\sin 75.63} \times 2.5 = 60,699 \text{ [N]}$$

4. 인류장치



$$P = 11,760 \times \frac{7}{7} + 11,760 \times \frac{6.4}{7} = 22,512 \text{ [N]}$$

$$T = \frac{22,512}{\sin 45} \times 2.5 = 79,591 \text{ [N]}$$

5. 비절연 보호선 인류 (ACSR 93mm²)

(1) 조 건

- ① 경 간(S) : 50 [m]
- ② 기 온(T) : -20℃의 전선의 장력
- ③ 단 면 적(A) : 93mm² × 1조
- ④ 외 경 : 12.5mm
- ⑤ 탄 성 계수(E) : 82.32×103 [N/mm²]
- ⑥ 선팽창계수(a) : 1.9 × 10⁻⁵
- ⑦ 전선의 무풍시 질량 : 4.282 [N/m]
- ⑧ 표준 장력(To) : 3,920 [N]
- ⑨ 병중풍압하중 : 0.0135 × 745 ÷ 2 = 5.028 [N/m]
- ⑩ 전선의 단위중량 $W = \sqrt{4.282^2 + 5.028^2} = 6.6 \text{ [N/m]}$

(2) 보호선의 표준이도

$$D = \frac{WS^2}{8T} = \frac{6.6 \times 50^2}{8 \times 3,920} = 0.52 \text{ [m]}$$

(3) 전선의 장력

$$T^3 - \left\{ T_0 - \frac{8AED^2}{3S^2} - AEa(t - t_0) \right\} T^2 - \frac{AEW^2S^2}{24} = 0$$

$$T^3 - \left\{ 3,920 - \frac{8 \times 93 \times 82.32 \times 10^3 \times 0.52^2}{3 \times 50^2} - 93 \times 82.32 \times 10^3 \times 1.9 \times 10^{-5} (-20 - 10) \right\} T^2 - \frac{93 \times 82.32 \times 10^3 \times 6.6^2 \times 50^2}{24} = 0$$

$$T^3 - \{3,920 - 2,208 + 4,363\} T^2 - 34,738,011,000 = 0$$

$$T^3 - 6,075 T^2 - 34,738,011,000 = 0$$

$$T = 6,821 \text{ [N]}$$

(4) 지선의 장력

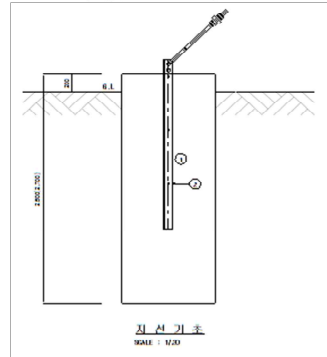
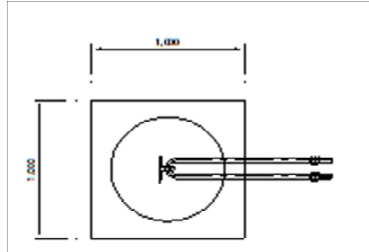
$$T = \frac{6,821}{\sin 45} \times 2.5 = 24,115 \text{ [N]}$$

6. 지선재료의 파괴강도

종 별	규 격	파괴강도 [N]
아연도 강연선	St 135mm ²	86,730
아연도 강연선	St 90mm ²	55,468
강 봉	Φ24	70,932
강 봉	Φ26	83,241
강 봉	Φ28	102,194
강 봉	Φ30	110,838



8. 지선기초 검토



(1) 기본공식

- ① 지선에 작용하는 장력 $T_m = T \div \sin\theta$

T : 가선장력 [N]

- ② 인발장력 $T_{mv} = T_m \times \cos\theta$

- ③ 전도장력 $T_{mh} = T_m \times \sin\theta$

(2) 기초의 체적

- ① 2톤계 (1×1×2.5m)

$$V = 1 \times 1 \times 2.5 = 2.5 \text{ [m}^3\text{]}$$

- ② 2.4톤계 (1.2×1.2×3.2m)

$$V = 1.2 \times 1.2 \times 3.2 = 4.608 \text{ [m}^3\text{]}$$

(3) 기초의 중량(W)

- ① 2톤계

$$\text{콘크리트 중량 } 2.5[\text{m}^3] \times 21,560 \text{ [N/m}^3\text{]} = 53,900 \text{ [N]}$$

$$\text{H형강 중량(H200×200×12t) } 2[\text{m}] \times 489 \text{ [N/m]} = 978 \text{ [N]}$$

$$\text{계 } 54,878 \text{ [N]}$$

- ② 2.4톤계

$$\text{콘크리트 중량 } 4.608[\text{m}^3] \times 21,560 \text{ [N/m}^3\text{]} = 99,348 \text{ [N]}$$

$$\text{H형강 중량} = 978 \text{ [N]}$$

$$\text{계 } 100,326 \text{ [N]}$$

(4) 기초 저항 모멘트(Mr)

- ① 2톤계

$$M_r = K \cdot f \cdot S_o \cdot L^2 \cdot \sqrt{d^2(1 + 0.57 \frac{b^2}{L^2} + 0.45 \frac{b}{d})^2 \times 9.8}$$

$$= 1 \times 1 \times 1 \times 2.5^2 \times \sqrt[3]{1^2(1 + 0.57 \frac{1^2}{2.5^2} + 0.45 \frac{1}{1})^2} \times 9.8$$

$$= 81,722 \text{ [kN} \cdot \text{m]}$$

② 2.4톤 계

$$M_r = 1 \times 1 \times 1 \times 3.2^2 \times \sqrt[3]{1.2^2(1 + 0.57 + \frac{1.2^2}{3.2^2} + 0.45 \frac{1.2}{1.2})^2} \times 9.8$$

$$= 150,479 \text{ [kN} \cdot \text{m]}$$

(5) 전도모멘트(Mo)

$$M_o = T_{mh} \times h \text{ [kN} \cdot \text{m]} \quad (h : \text{기초면에서 작용점까지의 거리[m]})$$

(6) 기초 검토

① 인발 검토

$$T_{mv} \leq \frac{(W + R_o)}{2.0} \quad (R_o : \text{기초체의 측면 마찰력})$$

② 전도 검토

$$\frac{M_r}{M_o} \geq 1.0$$

③ 장력장치 2톤

- 인발 검토

$$54,878 \div (19,600 \times 2) = 1.4 \geq 1.0 \text{ ----- 적합}$$

- 전도 검토

$$\frac{81,722}{19,600 \times 2.5} = 1.66 \geq 1.0 \text{ ----- 적합}$$

④ 장력장치 2.4톤

- 인발 검토

$$100,326 \div (23,520 \times 2) = 2.13 \geq 1.0 \text{ ----- 적합}$$

- 전도 검토

$$\frac{150,479}{23,520 \times 3.2} = 1.99 \geq 1.0 \text{ ----- 적합}$$

(3) 지선용근가의 강도계산

지선을 인발하는 힘에 대항하는 근가의 내력은, 근가를 흙속에 수평으로 설치했을 때의 근가 자체의 중량 및 유효각도를 고려한 토양의 중량의 합으로 표시한다.

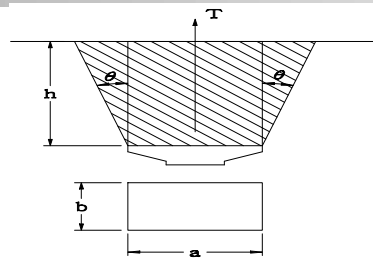


그림 9.

토양을 정형의 사다리꼴로 해서 그 체적을 구하면 다음식이 된다.

$$a \cdot b \cdot h + (a+b)h^2 \cdot \tan \theta + \frac{4}{3} \cdot h^3 \cdot \tan^2 \theta$$

$$= h \cdot \left\{ a \cdot b + (a+b)h \cdot \tan \theta + \frac{4}{3} h^2 \cdot \tan^2 \theta \right\}$$

이 토양체적에 단위중량 w 를 곱하고, 또한 근가중량 W 를 더하여, 지선용근가의 강도계산은 <식 (12)>에 의한다.

$$T = W + w \cdot h \cdot \left\{ a \cdot b + (a+b) \cdot h \cdot \tan \phi + \frac{4}{3} \cdot h^2 \cdot \tan^2 \phi \right\} \quad \text{--- (12)}$$

T : 지선근가의 내력 [N]

W : 근가중량 [N]

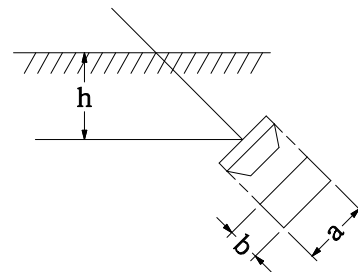
w : 흙의 단위중량 [N/m^3]

a : 근가길이 [m]

b : 근가폭 [m]

ϕ : 지선의 인장력에 저항하는 토양의 유효
각도 [$^\circ$]

h : 근가의 매입깊이 [m]



지선의 인장력에 저항하는 토양의 유효각도 및 단위중량은 <표 1>에 의한다.

표 1. 지선의 인상력에 저항하는 토양의 유효각도 및 단위중량

토양의 등급	토양의 구분	인상력에 저항 하는 유효각도	단위중량 N/m ³	내압한도 N/m ²
1	산지, 단단한 발 또는 원야와 같은 적토, 사리혼입 등으로 용수가 없고, 저항력이 큰 개소의 것.	30°	15,680	588,000
2	연한 발, 용수가 적은 무논 같은 흑토등에서나 용수가 있으나 저항력이 큰 개소의 것	20°	14,700	392,000
3	보통의 무논과 같이 용수가 많고 저항력이 적은 개소의 것	10°	13,720	196,000
4	수령땅, 특히 연약한 무본과 같이 용수가 특히 많고 저항력이 없는 토지등으로 말뚝박이 등을 합할 필요가 있는 개소의 것	0°	12,740	98,000

비고 1) 특히 연약한 무논이라한 것은 소나 말로 경작할 수 없는 무논

2) 허용지지력은 내압한도를 안전율로 나누어 구한 것임.

지선근가의 허용인장 내력 P는, 안전율 F=2 라 하면

$$P \leq \frac{T}{F} = \frac{T}{2}$$

가 된다.

지선용 근가에 대해서는 상기의 지지물 기초의 인상력에 대한 안전율의 사고방식을 채택하여 안전율을 2이상으로 하고 있다.

[(예) 심플가선의 지선용 근가]

자동장력 조정된 심플 가선의 인류주 지선 근가에 5호 블록을 사용한 경우, 토양등급1(유효각도 30°, 토양중량 15,680 [N/m³]), 매입깊이 1.7m를 표준으로 하므로, 근가 블록의 인발저항력 T는

$$\begin{aligned}
 T &= W + w \cdot h \left\{ a \cdot b + (a + b) \cdot h \cdot \tan \theta + \frac{4}{3} h^2 \cdot \tan^2 \theta \right\} \\
 &= 843 + 15,680 \times 1.7 \times \{ 0.9 \times 0.45 + (0.9 + 0.45) \times 1.7 \times \tan 30^\circ \\
 &\quad + \frac{4}{3} \times (1.7)^2 \times (\tan 30^\circ)^2 \} \\
 &\doteq 81,242 \text{ [N]}
 \end{aligned}$$

지선에 가해지는 장력 T'는 지선과 전주의 설치각도를 45°로 해서

$$T' = 19,600 \times \sqrt{2} = 27,718 \text{ [N]}$$

고로, 안전율 F는

$$F = \frac{T}{T'} = \frac{81,196}{27,718} \doteq 2.9 > 2$$



가 되고, 2이상의 안전율이 된다.

또한, 지선설비개소의 토양상태에 따라, 인발력이 작은 경우는, 사용하는 근가블록의 랭크를 올리는 등의 조치에 의해, 안전율 2 이상을 확보한다.

(4) 지선설치용 볼트의 강도계산

지선설치용 볼트는 휨 및 전단력에 대하여 고려한다. 이 계산은 <식 (13), (14)>에 의한다.

① 휨강도

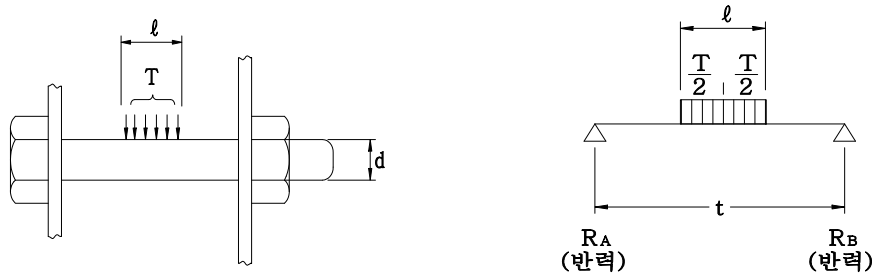


그림 10.

$$R_A = R_B = \frac{T}{2}$$

발생하는 최대 모멘트는 $\frac{t}{2}$ 점이므로

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{t}{2} \cdot \frac{T}{2} - \frac{\ell}{4} \cdot \frac{T}{2} \\ &= \frac{T}{4} \left(t - \frac{\ell}{2} \right) \end{aligned}$$

그러므로 볼트의 허용휨 모멘트는

$$\text{볼트의 단면계수} \times \text{휨응력도} = \frac{\pi}{32} d^3 \cdot f_m$$

따라서,

$$\frac{\pi}{32} d^3 \cdot f_m \geq \frac{T}{4} \cdot \left(t - \frac{\ell}{2} \right)$$

고로 볼트에 허용되는 지선장력 T_m 은

$$T_m = \frac{\pi \cdot d^3}{8 \cdot \left(t - \frac{\ell}{2} \right)} \cdot f_m \quad [\text{N}] \quad (13)$$

T_m : 볼트에 허용되는 지선장력 [N]

d : 볼트의 유효직경 [cm]

t : 간격 [cm]

f_m : 볼트의 허용휨응력도 $[N/cm^2]$

ℓ : 볼트에 가해진 폭 $[cm]$

또한 환봉과 같은 것이 삽입된 경우는, 볼트와의 접촉면은 점접촉이 된다. 이 경우는 위의 식에 $\ell=0$ 을 대입하면 된다.

② 전단강도

$$T_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot f_s \quad [kN] \quad (14)$$

T_s : 볼트에 허용되는 지선장력 $[N]$

f_s : 볼트에 허용되는 전단응력 $[N/cm^2]$

(5) 지선용근가

① 지선용근가

지선에 사용하는 근가는 <표 2>에 의한다.

② 근가블록용 로드

근가블록에 사용하는 로드는 <표 3>에 의한다.

표 2. 지선용근가

종별	길이 [cm]	폭 또는 직경 [cm]	참 고 중 량 [N]	토양의 단위중량 [N/m³]	토 양 의 인상력에 저항하는 유효각도	인 발 저 항 력[N]			
						매 입 깊 이			
						1.5	1.7	1.9	2.1
조가 블록 3 호	70	35	431.2	13,720	10	13,132	16,268	19,894	23,912
				14,700	20	27,244	35,574	45,374	57,232
				15,680	30	51,058	68,698	89,866	114,954
조가 블록 4 호	80	40	588.0	13,720	10	15,582	19,208	23,324	27,832
				14,700	20	30,870	39,886	50,470	62,818
				15,680	30	56,056	74,774	97,118	123,578



표 3. 근가블록용로드

종별	길이 [cm]	폭 또는 직경 [cm]	참 고 중 량 [N]	토양의 단위중량 [N/m³]	토 양 의 인상력에 저항하는 유효각도	인 발 저 항 력[N]			
						매 입 깊 이			
						1.5	1.7	1.9	2.1
조가 블록 5 호	90	45	842.8	13,720	10	18,424	22,540	27,048	32,144
				14,700	20	34,790	44,590	56,056	69,286
				15,680	30	61,348	81,242	104,860	132,594
조가 블록 6 호	110	55	1,470.0	13,720	10	24,794	29,890	35,574	41,748
				14,700	20	43,414	54,880	68,012	83,104
				15,680	30	72,814	94,962	121,226	151,802
조가 환태 1 본	150	18	-	13,720	10	16,660	20,874	25,578	30,968
				14,700	20	34,986	45,472	57,820	72,030
				15,680	30	64,092	85,358	110,740	140,532
조가 환태 2 본	150	36	-	13,720	10	23,128	28,420	34,202	40,670
				14,700	20	43,022	54,978	68,796	84,574
				15,680	30	74,088	97,314	124,656	156,604
조가 환태 3 본	150	54	-	13,720	10	29,694	35,966	42,826	50,372
				14,700	20	51,156	64,582	79,870	97,216
				15,680	30	84,084	109,172	138,572	172,676

번호	부품명칭	재 질
1	로 드	KS D 3503 일반구조용압연강재
2	6각너트	"
3	개지판	"
4	지선환	" 및 동등 이상

지선블 록용로 드종별 호	L [mm]	M [mm]	to [mm]	L ₁ [mm]	D _v [mm]	D ₁ [mm]	a [mm]	b [mm]	ℓ [mm]	ℓ ₁ [mm]	X [mm]	참고중 량 [N]	로드의허용 인장강도 [N]
3	2,300	19	8	100	25	30	88	42	40	70	50	57.82	44,100
4	2,500	19	8	100	25	30	88	42	40	70	50	62.72	44,100
5	2,700	22	10	120	30	55	106	48	50	90	70	93.1	58,800
6	3,000	25	10	143	35	66	118	55	50	90	80	134.26	76,440

(주) X부분은 나사를 자르는 것

RECORD HISTORY

Rev.3('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.

Rev.4('16.8.24) 철도건설기준 Master Plan 개선을 위한 전문가 토론회 결과(설계기준치-1434호, '16.5.26)를 반영하여 해설1 지선기초 인발력 계산 및 전도력 계산식 오류 정정

Rev.5('18.12.14) 전차선로분야 설계 및 시공 최적화를 위한 기술토론회 결과(전철처-4381호, '18.7.25)를 반영하여 강봉형 지선의 안전율 1.0이상 추가

Rev.6('19.12.19) 철도건설기준 개선사항 발굴(기준심사처-1146호, '19.04.12.)에 따른 개정