

KR E-03110

Rev.4, 24. August 2016

# 지선의 설계

2016. 08. 24.



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[mm<sup>2</sup>], 90[mm<sup>2</sup>] 및 55[mm<sup>2</sup>]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[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.

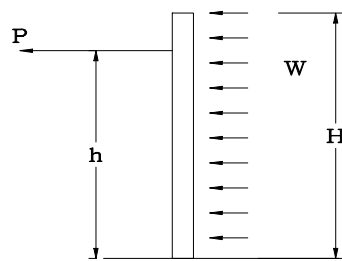


그림 1.

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

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 가섭선의 풍압은 다음과 같이 검토한다.

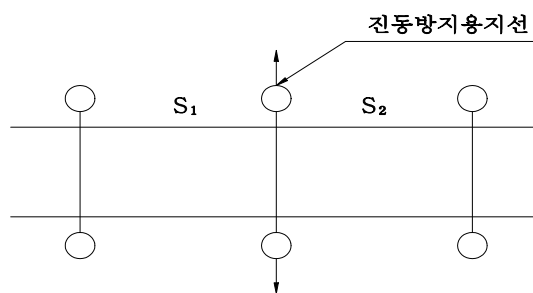


그림 2.

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 스펜선용지선

- (1) 스펜선용장력의 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, 스펜선 양측의 지선으로 등분한다는 것은 아니다. 풍상측(風上側)에 있는 지선이 복수인 경우 그들의 지선으로 하중을 등분한다는 것이다.

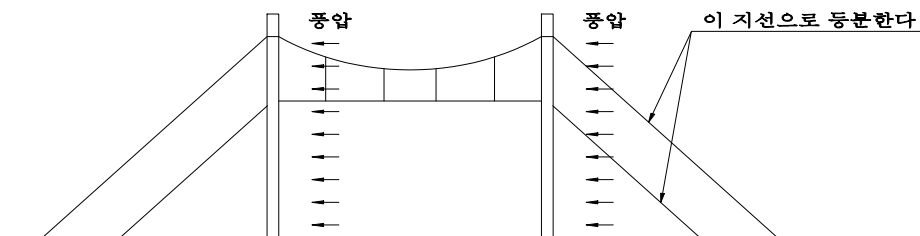


그림 3.

## 3. 강도계산

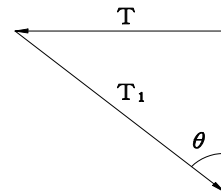
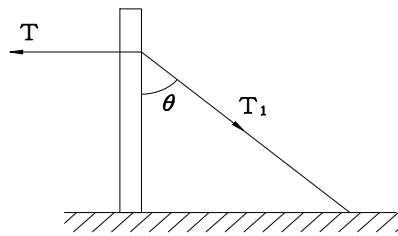
### 3.1 지선의 안전율

전차선로에 사용하는 지선의 안전율은 2.5이상으로 하고 허용인장하중의 최저는 4,900[N]으로 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]

$\theta$  : 지선의 전주와의 각도 [ $^\circ$ ]

### 3.2.2 2조 일괄의 단지선의 경우

지선 설치점에 있어서 수평방향의 합성인장력을 T라 하면

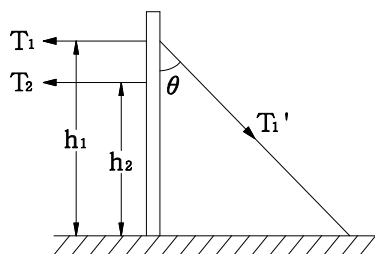
$$T \cdot h_1 = T_1 \cdot h_1 + T_2 \cdot h_2$$

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

그러므로

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

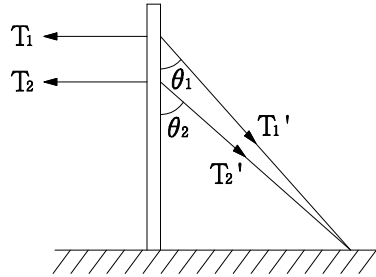
$$P \geq 2.5 \cdot \left( T_1 + T_2 \cdot \frac{h_2}{h_1} \right) \cdot \frac{1}{\sin \theta} \quad (2)$$



### 3.2.3 V지선의 경우

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

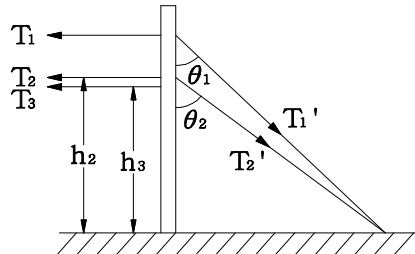
$$P_2 \geq 2.5T_2 \cdot \frac{1}{\sin \theta_2} \quad (4)$$



### 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

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

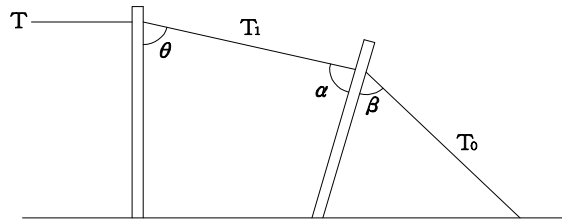
$$\begin{aligned} T_o &= \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot T_1 \\ &= \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot \frac{T}{\sin \theta} \end{aligned}$$

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

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

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  $\delta$ 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  $\delta$ 를 가하는 것으로 하면

$$\Delta \ell \doteq \delta$$

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

양변에  $\cos \theta$ 를 곱하여  $\Delta T$ 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

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

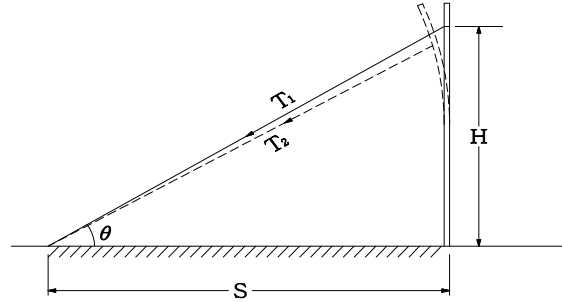


그림 4.

(2) 인류주의 풍압하중에 의한 것

<그림 5>에 나타낸 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  $\delta_p$ , 지선의 장력증가에 의한 H점의 휨량을  $\delta_T$ 라 하면 인류주의 H점의 휨은, 풍압하중에 의한 휨  $\delta_p$ 에서, 장력증가에 의한 휨  $\delta_T$ 를 뺀 휨이 되고, H점의 휨량  $\delta$ 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  $\delta$ 는, 지선의 신장  $\Delta \ell$  만이라 하면

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



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

고로,

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

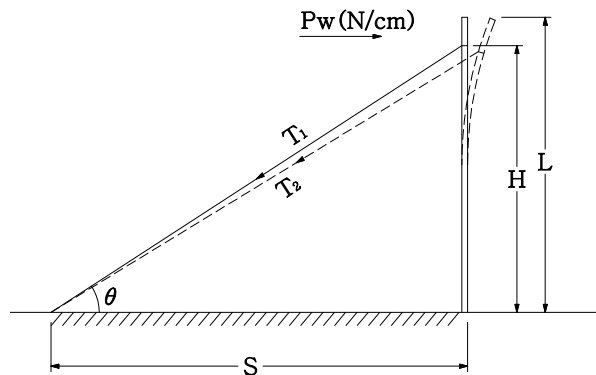


그림 5.

### (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  $\ell_1$ , 변화 후 지선 실장을  $\ell_2$ 로 해서, 지선의 실장  $\ell_1$ ,  $\ell_2$ 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  $\ell_2$ 의 제2항  $\left(\frac{S}{\cos\Theta} - \delta\right)$ 를

$\left(\frac{S}{\cos\theta} - \delta\right) \doteq \frac{S}{\cos\theta}$  라 하면  $\ell_2$ 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  $\delta$ 는

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

가 되어  $\ell_2$ 의 식에  $\delta$ 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.

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

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,

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

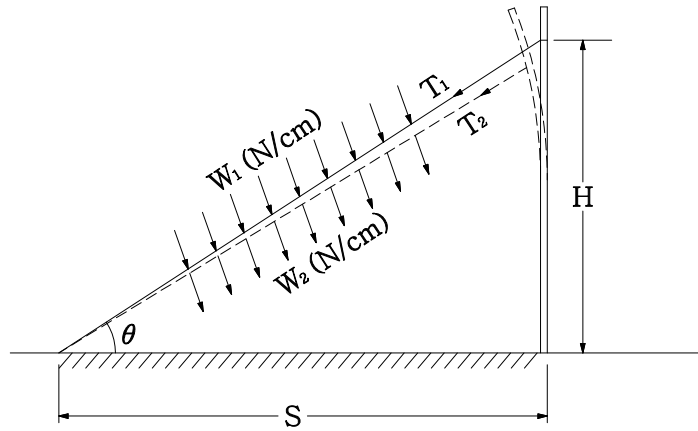


그림 6.

$\Delta T$  : 지선의 장력변화량 「1조당」 [N/본]

$T_2$  : 변화후의 장력 「1조당」 [N/본]

$T_1$  : 변화전의 장력 「1조당」 [N/본]

$\alpha$  : 지선의 선팽창계수

$t$  : 온도의 변화량 [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$S$  : 지선의 설치거리 [cm]

$H$  : 지선의 설치높이 [cm]

$L$  : 지지물의 길이 [cm]

$E_p$  : 지지물의 영률 [ $\text{N}/\text{cm}^2$ ]

$I_p$  : 지지물의 단면2차모멘트 [ $\text{cm}^4$ ]

$E$  : 지선의 영률 [ $\text{N}/\text{cm}^2$ ]

$A$  : 지선의 단면적 [ $\text{cm}^2$ ]

$n$  : 지선의 조수 [本]

$P_w$  : 지지물의 풍압하중 [ $\text{N}/\text{cm}^2$ ]

$W_1$  : 변화전의 지선의 단위중량(풍압포함) [ $\text{N}/\text{cm}$ ]

$W_2$  : 변화후의 지선의 단위중량(풍압포함) [ $\text{N}/\text{cm}$ ]

$\theta$  : 지선의 지표면과의 설치각도 [ $^{\circ}$ ]

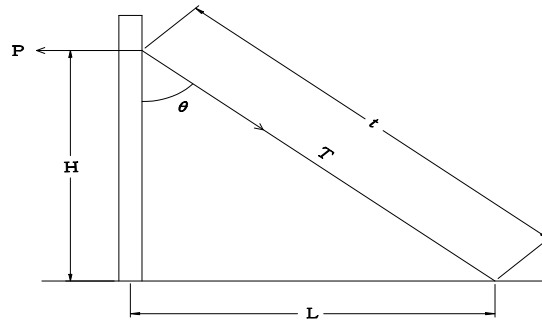


## [지선장도 계산 예]

### 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



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

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

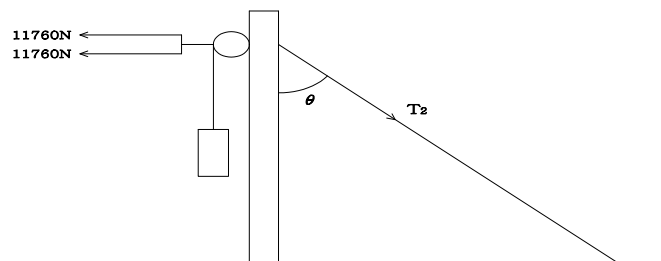
T : 지선의 장력 [N]

P : 전선의 합성장력 [N]

θ : 전주에 대한 지선의 각도 [°]

F : 지선의 안전율 (2.5)

### 3. 자동장력 설치개소



(1) 일반개소 (23,520[N]용)

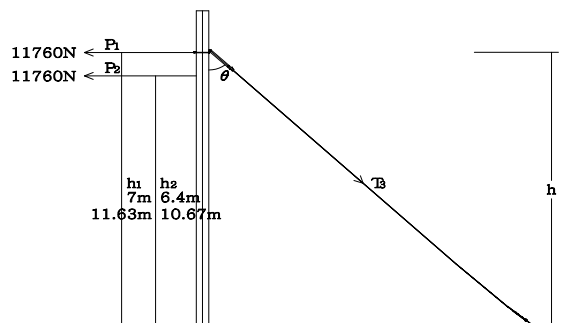
$$T = \frac{23,520}{\sin 45} \times 2.5 = 83,155 \text{ [N]}$$



(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 93mm<sup>2</sup>)

##### (1) 조 건

- ① 경 간(S) : 50 [m]
- ② 기 온(T) : -20℃의 전선의 장력
- ③ 단 면 적(A) : 93mm<sup>2</sup> × 1조
- ④ 외 경 : 12.5mm
- ⑤ 탄 성 계수(E) : 82.32×103 [N/mm<sup>2</sup>]
- ⑥ 선팽창계수(a) : 1.9 × 10<sup>-5</sup>
- 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

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

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

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

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

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

(4) 지선의 장력

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

#### 6. 지선재료의 파괴강도

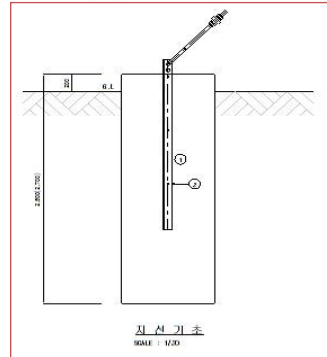
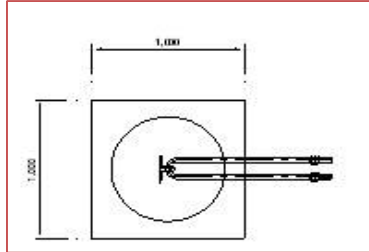
종 별	규 격	파괴강도 [N]
아연도 강연선	St 135mm <sup>2</sup>	86,730
아연도 강연선	St 90mm <sup>2</sup>	55,468
강 봉	Φ24	70,932
강 봉	Φ26	83,241
강 봉	Φ28	102,194
강 봉	Φ30	110,838

#### 7. 강봉 지선 검증

구 분	지선장력	지선종별	지선의 항장력	비 고
장력장치 23,520[N]	83,155 [N]	강봉 Φ28	102,194 [N]	적 합 (일반개소)
	60,699 [N]	아연도 강연선 st 135mm <sup>2</sup>	86,730 [N]	적 합 (교량하부개소)
인류장치 23,520[N]	79,591 [N]	강봉 Φ26	83,241 [N]	적 합
비절연 보호선 인류 (ACSR 95mm <sup>2</sup> )	24,115 [N]	강봉 Φ24	70,932 [N]	적 합



## 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 검증

① 인발 검토

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

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.

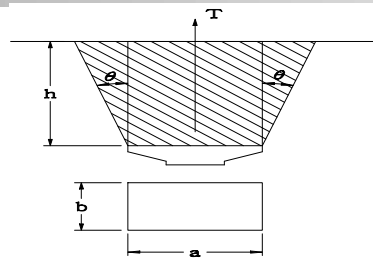


그림 9.

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]

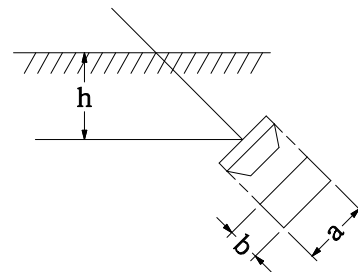
$w$  : 흙의 단위중량 [N/m<sup>3</sup>]

$a$  : 근가길이 [m]

$b$  : 근가폭 [m]

$\phi$  : 지선의 인장력에 저항하는 토양의 유효  
각도 [°]

$h$  : 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 <sup>3</sup>	내압한도 N/m <sup>2</sup>
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/m<sup>3</sup>]), 매입깊이 1.7m를 표준으로 하므로, 근가 블록의 인발저항력 T는

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

지선에 가해지는 장력 T'는 지선과 전주의 설치각도를 45°로 해서

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

고로, 안전율 F는

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



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

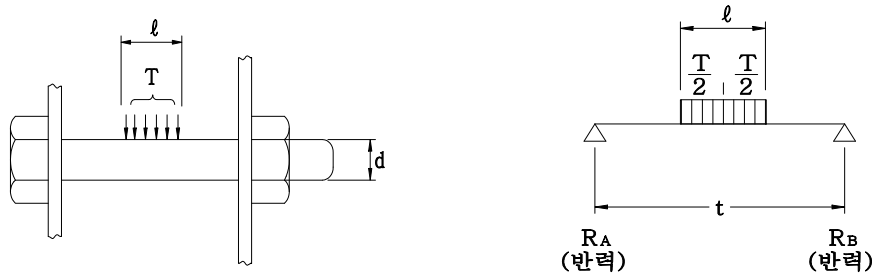


그림 10.

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

발생하는 최대 모멘트는  $\frac{t}{2}$  점이므로

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

그러므로 볼트의 허용휨 모멘트는

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

따라서,

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

고로 볼트에 허용되는 지선장력  $T_m$ 은

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

$T_m$  : 볼트에 허용되는 지선장력 [N]

$d$  : 볼트의 유효직경 [cm]

$t$  : 간격 [cm]



$f_m$  : 볼트의 허용휨응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

$\ell$  : 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

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

$T_s$  : 볼트에 허용되는 지선장력 [N]

$f_s$  : 볼트에 허용되는 전단응력 [N/cm<sup>2</sup>]

(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/m <sup>3</sup> ]	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 <sub>1</sub> [mm]	D <sub>v</sub> [mm]	D <sub>1</sub> [mm]	a [mm]	b [mm]	ℓ [mm]	ℓ <sub>1</sub> [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