

KR E-03210

Rev.7, 21. December 2023

인류구간과 장력구간

2023. 12. 21



국가철도공단

목 차

1. 인류구간과 장력구간	1
2. 인류장치	1
3. 장력조정장치	1
4. 영구신장조성	2
5. 보조조가장치	3
6. 조가선의 흐름방지장치	3
해설 1. 자동장력조정장치의 조정거리계산	4
1. 개요	4
2. 장력조정장치의 종류	4
3. 자동장력조정장치 조정거리계산	4
4. 온도변화에 따른 전차선 신장길이	10
해설 2. 가공전차선로 영구신장조성 장력과 시간	17
1. 개요	17
2. 기존의 영구신장조성 기준	17
3. 외국의 영구신장조성 기준	18
4. 전차선로에서 크리프(Creep)의 영향	18
5. 과하중 조건별 크리프 현장 설치시험	18
6. 가공전차선로 영구신장조성시의 장력 및 시간 기준	19
RECORD HISTORY	21

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. 인류구간과 장력구간

- (1) 최대인류길이는 선종 및 장력, 기후에 따라 결정하며, 드로퍼는 설치간격과 선종을 고려하여 결정한다.
- (2) 가공전차선로 최대 인류길이는 1,600m이며, 장력조정장치의 동작범위 및 표준장력거리(m)에 따라 인류길이를 적용하여야 한다.
- (3) 교류 강체 가선구간의 인류구간 거리는 KR E-03170(강체전차선의 설계)에 의한다.
- (4) 가공전차선의 장력구간은 인류구간의 1/2을 표준으로 하되, 곡선구간 및 기울기구간 등에서 전차선로의 억제저항을 고려하여 장력구간을 선정하여야 한다.
- (5) 합성전차선 무효부분 및 인류선의 굽힘각도는 10도 이내로 한다.

2. 인류장치

- (1) 전차선·조가선 등의 인류장치는 다음 각 호 및 표준도에 의한다.
 - ① 전차선·조가선의 인류장치는 인류구간이 800m 이하일 때에는 일단에 설치한다. 다만, 터널 내에서 자동장력조정장치를 설치하지 아니한 경우에는 인류구간의 양단에 수동식 인류장치를 설치할 수 있다.
 - ② 인류장치는 지지물에 견고하게 설치한다. 다만, 부득이한 경우에는 콘크리트 옹벽 등에 시설할 수 있다.
 - ③ 인류전용주는 가선중단주 이외에는 별도로 시설하지 아니 함을 원칙으로 한다.
 - ④ 인류장치에서 구분용 애자는 주변여건을 고려하여 가압되어 있는 무효부분 전차선 등이 최소화 되는 위치에 설치한다.
- (2) 급전선·부급전선 및 보호선은 직선접속을 원칙으로 하며 인류시 인류장치는 선로 횡단 및 터널입구 등의 취약 지점이나 보수상 필요한 곳, 횡장력이 극히 심한 구간(곡선반경 300m 이하)의 장력을 분할할 필요가 있는 곳에 설치한다.

3. 장력조정장치

- (1) 가공전차선로의 장력조정장치는 자동식과 수동식으로 구분되며 그 종류는 다음과 같다.
 - ① 자동장력조정장치
 - 가. 활차식
 - 나. 도르래식
 - 다. 스프링식
 - ② 수동장력조정장치
 - 가. 턴버클
 - 나. 조정스트랩



- (2) 가공전차선로의 장력조정장치는 다음 각 호에 의한다.
- ① 전차선·조가선 및 빔하스펜션의 온도변화에 따른 장력변화는 자동장력조정장치에 의하여 조정함을 원칙으로 한다.
 - ② 자동장력조정장치는 온도변화·조정거리·설치장소, 운행속도 등을 고려하여 선정한다.
 - ③ 자동장력조정장치의 사용구분은 다음 각목에 의한다.
 - 가. 활차식 및 스프링식은 인류구간의 길이가 800m이하인 경우는 한쪽에 800m를 넘는 경우는 양쪽에 설치한다.
 - 나. 도르래식은 인류구간의 길이가 750m이하인 경우는 한쪽에, 750m를 넘는 경우는 양쪽에 설치한다.
 - 다. 빔하스펜션용 스프링밸런스는 빔하스펜션의 한쪽에 설치하며 빔하스펜션의 스프링밸런스는 스트로크가 스펀션쪽으로 향하도록 설치한다. 다만, 빔하스펜션을 2분 이상 연속하여 시설할 때는 스프링밸런스의 설치위치는 지그재그로 설치하고, 차고·차량기지 등에서 4선 이하인 경우는 턴버클로 할 수 있다.
 - ④ 자동장력조정장치의 설치는 다음 각 목에 의한다.
 - 가. 인류구간의 한쪽에 자동장력조정장치를 설치할 경우에는 기울기가 낮은쪽에 설치한다.
 - 나. 조가선 및 전차선은 억제저항이 적게 되도록 시설한다.
 - 다. 활차식과 도르래식은 표준장력에 맞는 활차비와 종류를 선택하고, 스프링식은 표준장력 및 표준장력거리에 맞는 종류를 선택한다.
- (3) 수동장력조정장치의 사용구분은 다음 각 호에 의한다.
- ① 턴버클식 : 자동장력조정장치를 필요로 하지 아니하는 합성전차선 또는 전차선에 사용한다.
 - ② 조정스트랩식 : 활차식에 보조용으로 사용한다.
- (4) 장력조정장치의 표준도는 공단에서 따로 정한다.
- (5) 방음벽 등의 외측에 설치되는 장력조정장치는 점검이 가능하도록 출입문을 설치할 수 있도록 하여야 한다. 다만 스프링식으로 장력조정장치를 설치할 경우에는 그러하지 아니한다.
- (6) 자동장력조정장치(도르래식, 활차식)의 동작상태를 확인할 수 있도록 외측 유도봉에 장력추 유동표시기를 설치한다.

4. 영구신장조성

- (1) 본선의 전차선 및 조가선은 전선의 신장을 적게 하기 위하여 인류장치 및 장력조정장치를 조정하기 전에 영구신장조성(Pre-stretch)을 시행한다.
- (2) 부분선 및 본선과 교차하는 전차선 및 조가선은 필요에 따라 영구신장조성을 시행한다.

5. 보조조가장치

- (1) 스펀션식 가선구간에서 흐름방지장치로부터 200m를 초과하는 지지점에는 조가선을 보호하기 위하여 보조조가장치를 설치하거나, 지지점에 조가선 지지 도르래를 취부하여야 한다.
- (2) 보조조가선 설치개소의 빔하부스팬선과 조가선간에 설치하는 드로퍼의 조가선 쪽에는 슬라이딩 드로퍼클램프를 설치한다.

6. 조가선의 흐름방지장치

- (1) 인류구간의 양쪽에 활차식 또는 도르래식, 스프링식 자동장력조정장치를 사용한 경우 다음 각 호에 의한 흐름방지장치를 시설한다.
 - ① 인류구간에서 전차선의 장력이 평형이 되거나, 양측의 억제 저항이 같게 되는 지점인 중성점에 전선의 이동을 억제하기 위하여 흐름방지장치를 시설하여야 한다.
 - ② 흐름방지장치는 전선의 처짐·강하 등으로 열차운전에 지장이 없도록 전선의 이도·가고 등을 조정하고 급전선과의 이격거리는 충분히 고려하여야 한다.
 - ③ 흐름방지장치가 설치되는 주축전주의 브래킷은 항상 선로에 대해 수직이 되게 설치하여야 한다.
 - ④ 흐름방지장치의 양 인류전선은 해당 선로의 조가선과 동일한 전선으로 하며 인류전선의 인장력은 현지 온도에 따라 설치해야 하며 흐름방지장치의 인류를 하기 전에 지선을 먼저 설치하여야 한다.
- (2) 강제 가선구간에서는 인류구간(색선) 중앙점에 흐름방지장치를 시설한다.



해설 1. 자동장력조정장치의 조정거리계산

1. 개요

온도 변화 등에 따라 전선이 신축하며 또한 전차선의 마모에 따른 신장으로 선조가 늘어나서 전차선의 이도 및 장력에 영향을 주게 된다. 이것을 방지하기 위하여 전차선을 일정 길이마다 인류하고 있으며 이렇게 인류한 조가선, 전차선의 양측말단 전선을 지지하는 장치를 인류장치라 한다.

전선류는 온도변화에 의하여 신축하며 외기 온도가 상승하면 전차선이 늘어나 장력이 감소하고 전차선의 처짐 현상이 발생한다. 이와 같은 개소에 팬터그래프가 진입하게 되면 가선진동이 증대하여 이선과 아크가 발생하고, 전차선과 팬터그래프 집전판의 마모를 촉진하여 전차선의 단선사고를 유발한다. 이 때문에 전차선의 장력을 일정한 크기로 유지하기 위하여 조정식 인류장치를 설비하는데 이러한 장치를 일반적으로 장력조정장치라 한다.

2. 장력조정장치의 종류

장력조정장치는 온도변화에 따라 전차선의 장력을 자동적으로 조정하는 자동식과 사람의 손으로 조정하는 수동식으로 대별되며, 자동식 장력조정장치는 활차식 또는 스프링식이 사용되며, 수동식 장력조정장치는 와이어턴버클 또는 조정스트랩이 사용되고 있다. 최근 열차의 고속화에 따라 조가선과 전차선의 장력을 다르게 하므로써 개별식 장력조정장치가 고속전철에 사용되고 있으며 일본의 경우 장력조정장치의 무보수화를 위하여 활차식 기능과 같은 신형 스프링식 자동 장력조정장치를 개발하여 신간선에 활용하고 있다.

3. 자동장력조정장치 조정거리계산

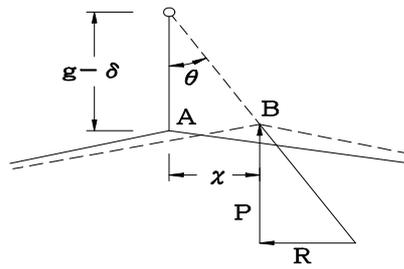
자동장력조정장치의 조정거리(유효동작거리)는, 전차선의 억제저항, 전차선 편위의 변화량, 중추의 동작범위 및 밸런서의 효율 등으로 제약된다.

곡선로에 있어서의 억제저항을 산출하여 보면 가동브래킷이 지금 기온 등의 변화에 의해 A에서 B로 회전했다고 하고, 가선편위의 증가를 무시하면

$$\tan\theta = \frac{x}{g - \delta}$$

가선 횡장력 P는 장력 T, 곡선반경 G, 경간 S라 하면

$$P = T \times \frac{S}{G}$$



g : 게이지 (gage)
 δ : 편위 (stagger)

그림 1.

따라서 가동브래킷의 이동에 따라 발생하는 억제저항 R 은

$$R = P \times \tan \theta$$

$$= T \times \frac{S}{G} \times \frac{x}{g - \delta}$$

$\delta \ll g$ 라 하면

$$R = T \times \frac{S}{G} \times \frac{x}{g} \text{가 된다.}$$

여기에서 온도변화에 의한 가선이동량 x 는, 선팽창계수 C , 고정단 또는 중성점에서 구하려는 지지점까지의 거리 X_1 , 온도차 Δt 라 하면

$$x = C \cdot \Delta t \cdot X_1$$

그러므로

$$R = T \times \frac{S}{G} \times \frac{C \cdot \Delta t \cdot X_1}{g}$$

따라서 곡선로 길이를 D 라 하고, 경간 S 에 n 개의 지지점이 있고 자동장력조정장치로부터 구하려는 곡선중앙까지의 거리를 X 라 하면 그 억제저항의 합 ΣR 은

$$\Sigma R = T \times \frac{S}{G} \times \frac{C \cdot \Delta t \cdot X}{g} \times n$$

$nS = D$ 이므로

$$\Sigma R = T \times \frac{S}{G} \times \frac{C \cdot \Delta t \cdot X}{g} \times n \text{가 된다.}$$

지금 $g = 2.4\text{m}$, $\Delta t = 20^\circ\text{C}$, $C = 1.7 \times 10^{-5}$, $T = 19,600[\text{N}]$ 라 하면

$$\Sigma R = 6.664 \cdot \frac{D \cdot X}{G \cdot 2.4}$$

또는 $T = 8,820[\text{N}]$ 라 하면

$$\Sigma R = 2.998 \cdot \frac{D \cdot X}{G \cdot 2.4} \text{가 구해진다.}$$



또한 조정장치의 조정거리 L은, 표준경간 S, 가동브래킷 1본당의 억제저항 f, 가선장력 F, 장력변동 α, 밸런서 내부저항 r, 억제저항 ΣR이라 하고 표준온도에 대해, 최고온도, 최저온도로의 온도차가 같다고 하면, 자동장력조정장치의 조정거리계산은 다음에 의한다.

$$\alpha F \geq \Sigma R + \frac{L}{S} f + r \pm R_0 \text{ ----- (1)}$$

L : 조정장치의 조정거리 [m]

S : 표준경간 [m]

f : 가동브래킷1본당의 억제저항 [N]

F : 가선장력 [N]

α : 장력변동율 [%]

r : 밸런서 내부저항 [N]

ΣR : 곡선로의 억제저항 [N]

R₀ : 선로기울기, 풍압, 팬터그래프의 접촉등에 의한 가선저항 [N]

다만, 자동장력조정장치의 조정거리한도는 활차식 「활차비1:4」의 경우, 한쪽에 설치할 때는 800m, 양쪽에 설치할 때는 1,600m로 한다.

일반적으로 f=29N, r=196N이다. 또한 R₀는 선로기울기, 풍압, 팬터그래프의 접동, 곡-O형 가동브래킷 등에 의한 가선제한을 나타낸다.

또한 조정거리 L은 가동브래킷의 회전에 의한 편위 및 활차식 밸런서의 중추설치 브래킷 간격에서 800m를 한도로 한다.

α는 다음에 의한다.

전차선 일괄조정인 경우 5%이하, 전차선만 조정할 경우 15%이하로 한다.

ΣR은 다음에 의한다.

(1) 전차선 일괄조정인 경우

$$\Sigma R = \Sigma 6.664 \frac{D \cdot X}{G \cdot g} \text{ ----- (2)}$$

(2) 전차선만 조정인 경우

$$\Sigma R = \Sigma 2.998 \frac{D \cdot X}{G \cdot g} \text{ ----- (3)}$$

D : 곡선로 길이 [m]

X : 고정단 또는 중성점으로부터 구하려는 곡선 중앙까지의 거리 [m]

G : 궤도의 곡선반경 [m]

g : 가동브래킷 또는 곡선당김의 곡선반경 [m]

[계산 예]

① 직선로만의 경우

자동장력조정장치의 동작에 따라, 가선의 이동량이 가장 큰 오버랩구간의 가동 브래킷의 회전에 의한 가선편위에서 조정거리를 검토한다.

<그림 2>에 표시한 바와 같이 가선 상호간격을 300mm로 한다.

가선의 이동에 의해 B인 가동브래킷이 회전할 수 있는 여유 ℓ' 는

$$\ell' = 200 [\text{mm}] - 150 [\text{mm}] = 50 [\text{mm}]$$

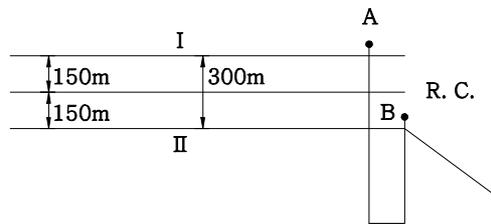


그림 2.

따라서 <그림 3>에 의해

$$\ell = g - 50 \quad (g : \text{게이지})$$

가선의 신장 x 는

$$x = \sqrt{g^2 - \ell^2}$$

$g = 2.8\text{m}$ 의 경우는

$$\ell = 2.8 - 0.05 = 2.75 [\text{m}]$$

$$x = \sqrt{(2.8)^2 - (2.75)^2} \approx 0.53 [\text{m}]$$

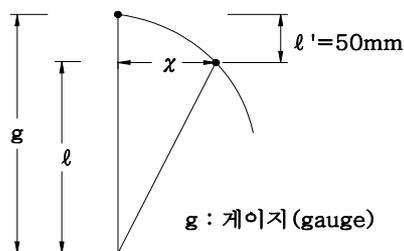


그림 3.

가선연장 $L[\text{m}]$ 인 경우 가선의 신장 x 는 전차선의 선폽창계수 $C = 1.7 \times 10^{-5}$
온도변화(표준온도에 대해) $\Delta t = 30^\circ\text{C}$

$$x = C \cdot L \cdot \Delta t$$

$$\therefore L = \frac{x}{C \cdot \Delta t} = \frac{0.53}{1.7 \times 10^{-5} \times 30} = 1.039 \times 10^3 = 1,039 [\text{m}]$$



$g = 1.9\text{m}$ 의 경우는, 마찬가지로

$$\ell = 1.9 - 0.05 = 1.85[\text{m}]$$

$$x = \sqrt{(1.9)^2 - (1.85)^2} \doteq 0.42 [\text{m}]$$

$$\therefore L = \frac{x}{C \cdot \Delta t} = \frac{0.42}{1.7 \times 10^{-5} \times 30} \doteq 931 [\text{m}]$$

즉, 가선편위에서 생각한 조정거리는 $g=2.8\text{m}$ 의 경우 1,040m, $g=1.9\text{m}$ 의 경우에 820m로 구해진다. 또한 활차 밸런서에 있어서는, 중추의 상부, 하부 추유도봉의 높이에 의해 중추의 동작범위가 결정되고, 가선길이가, 제한된다.

활차 밸런서의 추유도봉 높이를 5,000mm로 하고 중추의 길이를 ℓ'' 라 하면, 콘크리트 추 두께 100mm 12개 이므로

$$\ell'' = 100 \times 12 = 1,200 [\text{mm}]$$

중추의 유효동작범위는

$$\ell_1 = 5,000 - 1,200 = 3,800 [\text{mm}]$$

활차비를 1:4라 하면, 가선의 신축허용범위 ℓ_2 은

$$\ell_2 = \frac{3,800}{4} \doteq 950 [\text{mm}]$$

따라서

$$\ell_2 \geq C \cdot L \cdot \Delta t \quad (L \text{은 가선연장})$$

$$\therefore L \leq \frac{\ell_2}{C \cdot \Delta t} = \frac{950 \times 10^{-3}}{1.7 \times 10^{-5} \times 60} \doteq 881 [\text{m}]$$

단, $\Delta t = 60(^{\circ}\text{C})$: 최고, 최저의 온도차

그러므로 추유도봉 높이에 따라 허용되는 가선길이는 931m 이하이다.

따라서 게이지 2.8m의 경우는 추유도봉 높이에 의해, 또는 게이지 1.9m인 경우에는 가선 편위면에서 유효동작범위는 제한되지만 일반적으로는 조정거리 800m로 설비하면 된다.

② 곡선로를 포함한 경우의 조정거리 계산

<그림 4>에 나타낸 선로상태에서, 전차선 일괄조정하여 양장력으로 한다.

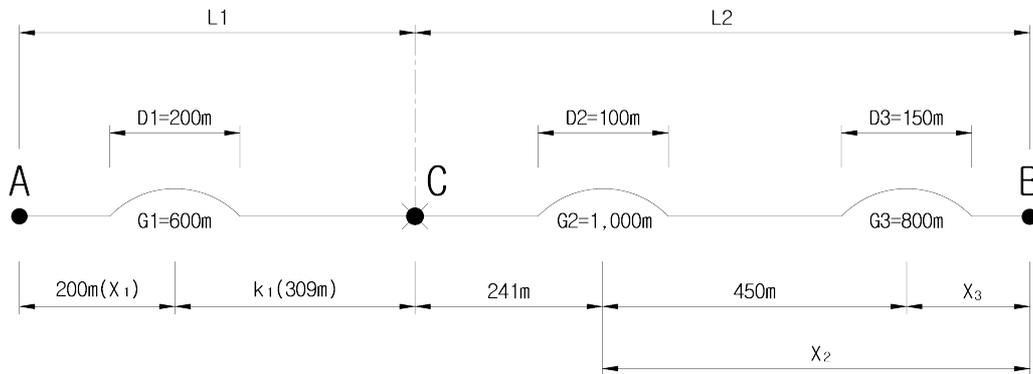


그림 4. 곡선로를 포함한 경우의 조정거리 계산

점A에 밸런서를 설치한다고 가정하고 타단의 밸런서 설치점 B를 구한다.
우선, 점A의 밸런서 조정거리 L1을 구하는 임의의 점C에 있어서

$$\alpha F \geq \sum R_1 + \frac{2L_1}{S}f + r \text{ 식을 인용하면}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0.05, \quad F = 19,600[N], \quad S = 50[m], \quad f = 29.4[N], \quad r = 196[N], \quad g = 2.4[m] \\ \sum R_1 = 6.664 \times \frac{D \cdot X}{G \cdot g} = 6.664 \times \frac{200X_1}{600 \times 2.4} = 2.776 \times \frac{200 \times 200}{600} = 185 \end{array} \right\}$$

$$0.05 \times 19,600 \geq 185 + \frac{2(200 \times k_1)}{50} \times 29.4 + 196$$

$$980 \geq 616 + 1.176k_1$$

$$k_1 = 309[m]$$

$\therefore L_1 = X_1 + k_1 = 200 + 309 = 509[m]$ 로 점C(흐름방지장치)가 구해진다.

다음에 C점에서 B점의 밸런서간 조정범위가 되는 L2를 구한다.

$$\alpha F \geq \sum R_2 + \sum R_3 + \frac{2L_2}{S} \times f + r$$

여기에서,

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0.05, \quad F = 19,600[N], \quad S = 50[m], \quad f = 29.4[N], \quad r = 196[N], \quad g = 2.4[m] \\ \sum R_2 + \sum R_3 = 6.664 \times \left\{ \frac{100 \times (X_3 + 450)}{1,000 \times 2.4} + \frac{150X_3}{800 \times 2.4} \right\} \\ = 6.664 \times (0.0416X_3 + 18.75 + 0.078X_3) \\ = 0.797X_3 + 124.95 \end{array} \right\}$$

으로부터

$$980 \geq 0.797X_3 + 124.95 + \frac{2 \times (241 + 450 + X_3)}{50} \times 29.4 + 196$$



$$X_3 \geq -77 \text{ [m]}$$

$$L_2 = k_2 + 450 + X_3 = 241 + 450 - 77 = 614 \text{ [m]}$$

$\therefore L_2 = 614 \text{ [m]} < 800 \text{ [m]}$ 가 되어 밸런서 설치점은 G3 내에 위치한다.

그러므로 한 색선의 길이 $L = L_1 + L_2 = 509 + 614 = 1,123 \text{ [m]}$ 이다.

4. 온도변화에 따른 전차선 신장길이

(1) 개요

장력 조정장치의 전차선쪽의 와이어로프 길이를 A, 중추쪽의 추유도봉 상부금구와 중추상단까지를 X길이라고 정하고 현장에서 시공 및 유지보수시 점검을 용이하게 하기 위해서 A길이라고 X길이를 표준온도(10)에 의해 표준길이를 정해놓고, 온도 변화에 따라 A길이라고 X길이를 측정하는 방법을 중추하부와 추유도봉 하부금구의 길이로 측정하면 순회 점검시 용이하게 점검이 가능하므로 중추하부와 추유도봉 하부금구까지의 길이를 Y길이라고 정하여 온도 변화에 따른 A길이, X길이, Y길이를 장력 조정 장치의 종류별로 산정 하였다.

(2) 전차선 신장 길이

$$A = C \cdot L \cdot T \text{ [m]} \text{ ----- (4)}$$

A : 전차선 신축량 [m]

C : 전차선 선팽창계수 1.7×10^{-5}

L : 전차선 길이 [m]

T : 표준온도(10°C)에 대한 온도변화[°C] ($t - t_0$), t : 현재 온도, t_0 : 표준온도

(3) 표준온도에 대한 와이어로프 길이

표준온도 10°C에 대하여 철추의 경우 A길이, X길이는 다음과 같이 정한다.

A길이 : 1,300 mm X길이 : 1,700 mm

(4) 장력조정장치 추 설치기준

① 철추 설치기준

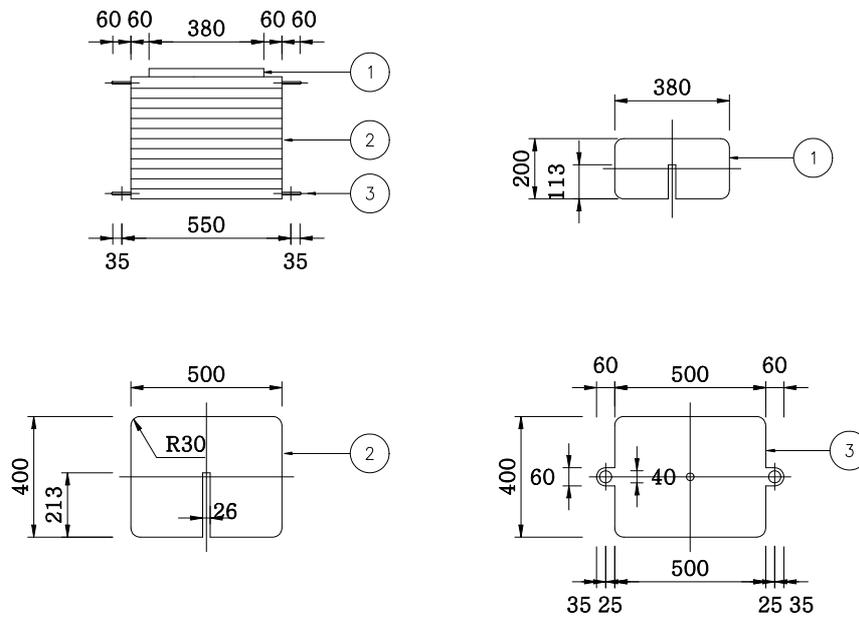


표 1. 철추 규격

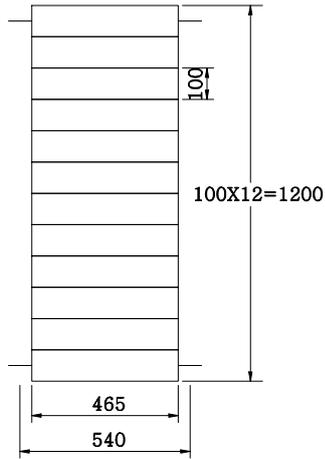
번호	형상 치수	중량 [N]	비고
1	1호 200×380×19t	105.64	
2	2호 400×500×19t	283.12	
3	3호 400×500×19t	293.31	유도환불이

구분	1호(105.64N)		2호(283.12N)		3호(293.31N)		총중량 [N]	비고
	중량 [N]	수량	중량 [N]	수량	중량 [N]	수량		
19.6 [kN]	105.64	1	4,246.8	15	586.62	2	4,939	2Ton 용
23.52 [kN]	211.28	2	5,096.16	18	586.62	2	5,894	2.4Ton용
27.44 [kN]	105.64	1	6,228.64	22	586.62	2	6,921	2.8Ton용
29.4 [kN]	211.28	2	6,511.76	23	586.62	2	7,310	3Ton 용



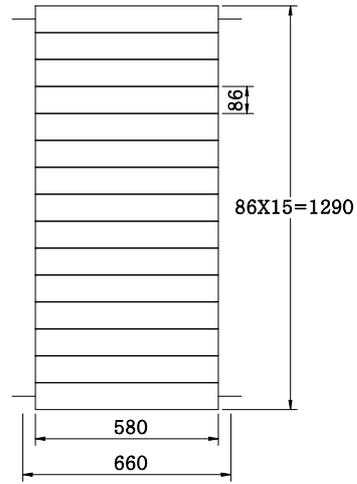
② 콘크리트추 설치기준

콘크리트추 (2톤용)



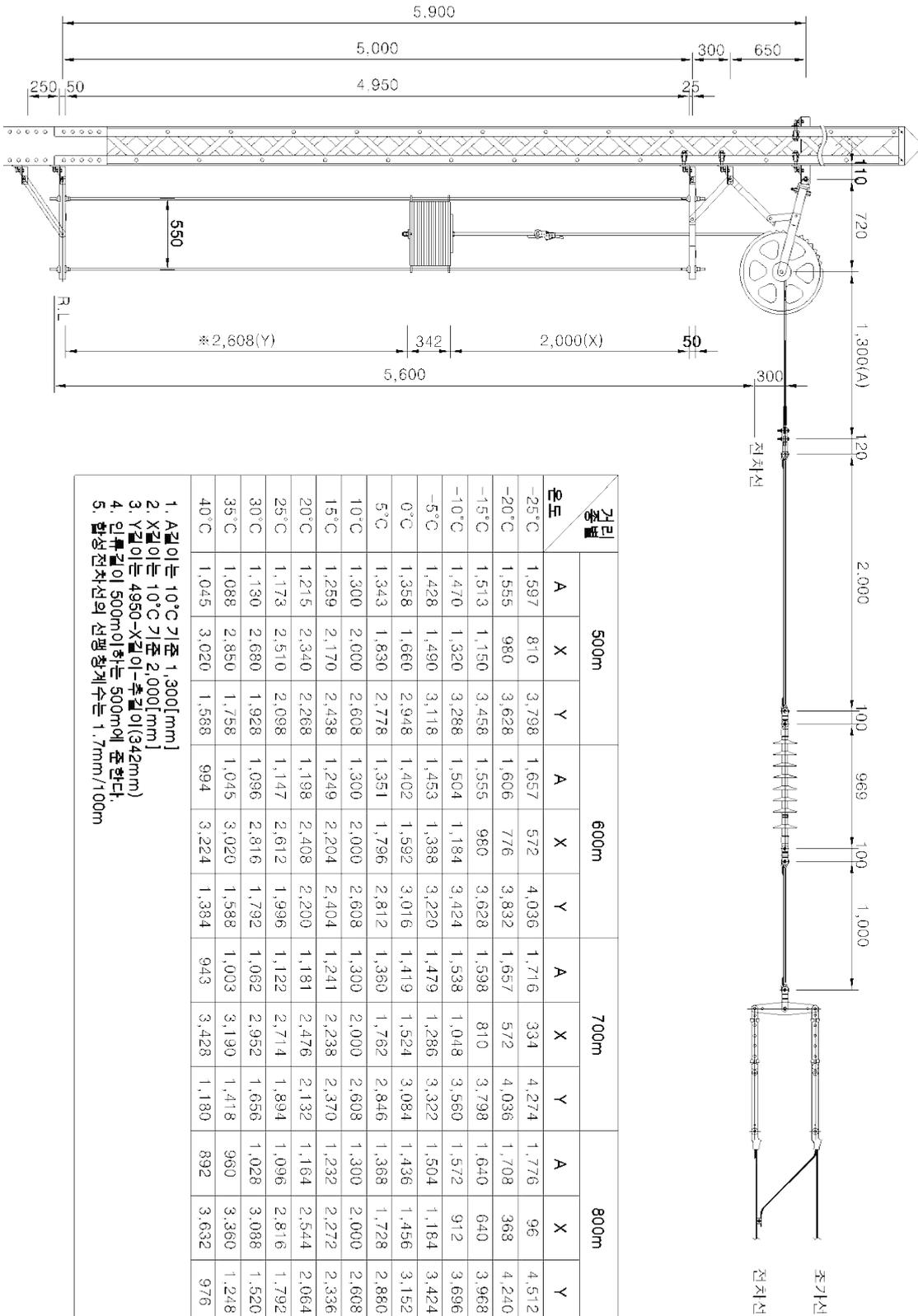
$$\begin{aligned}
 &3\text{호 A } (408.66[\text{N}]) \times 10 = 4,087[\text{N}] \\
 &3\text{호 B } (408.66[\text{N}]) \times \underline{2} = \underline{817[\text{N}]} \\
 &4,904[\text{N}]
 \end{aligned}$$

콘크리트추 (3톤용)



$$\begin{aligned}
 &5\text{호 A } (490[\text{N}]) \times 13 = 6,370[\text{N}] \\
 &5\text{호 A } (490[\text{N}]) \times \underline{2} = \underline{980[\text{N}]} \\
 &7,350[\text{N}]
 \end{aligned}$$

③ 장력조정장치 온도변화에 의한 추 이동량은 다음 표와 같다.

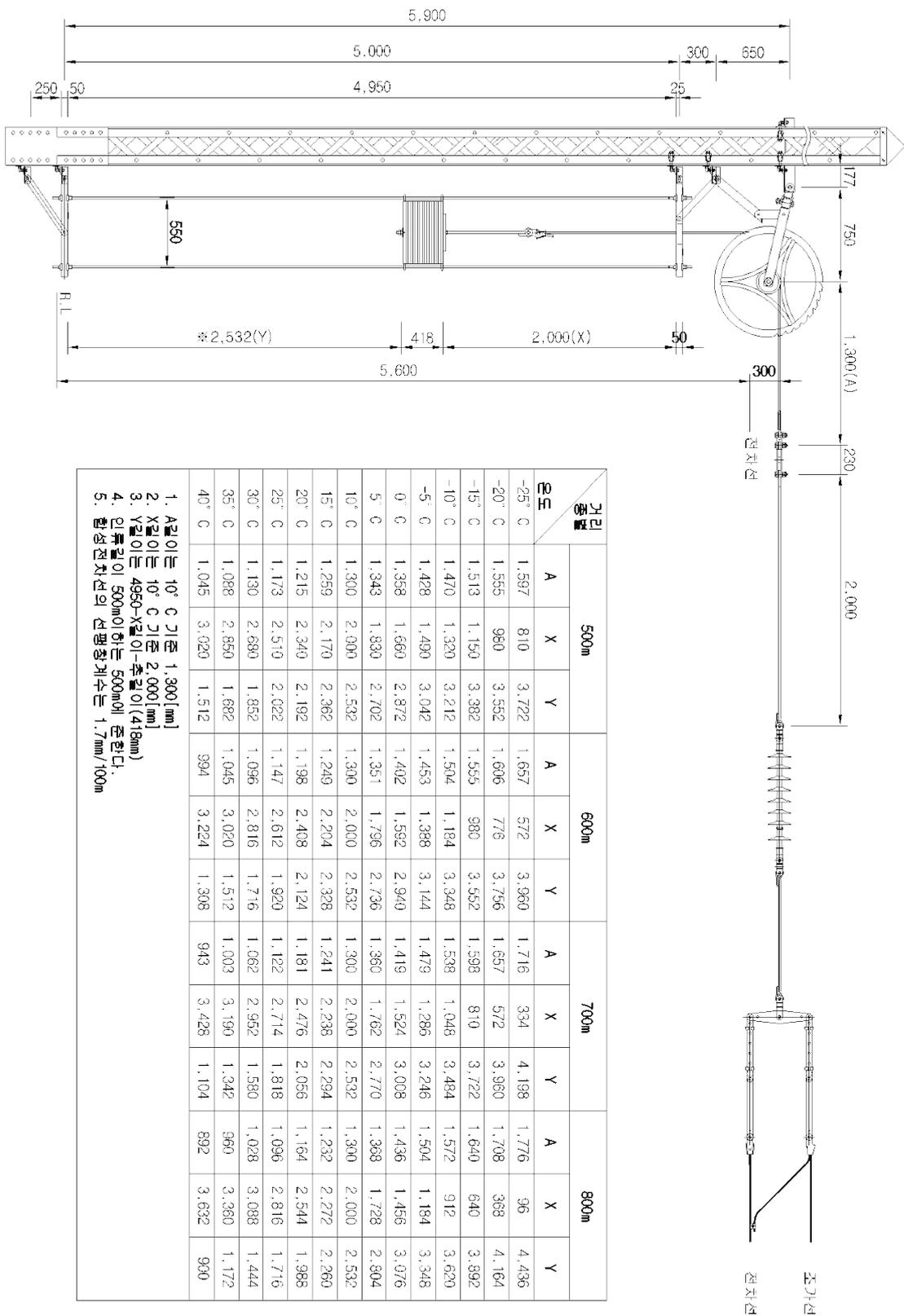


1. A값이는 10°C 기준 1,300[mm]
2. X값이는 10°C 기준 2,000[mm]
3. Y값이는 4950-X값이-추길이(342mm)
4. 인줄길이 500m이하는 500m에 준한다.
5. 합성전차선의 선행계수는 1.7mm/100m

장력조정장치의 온도변화에 의한 추 이동량 (2T인 철주용)

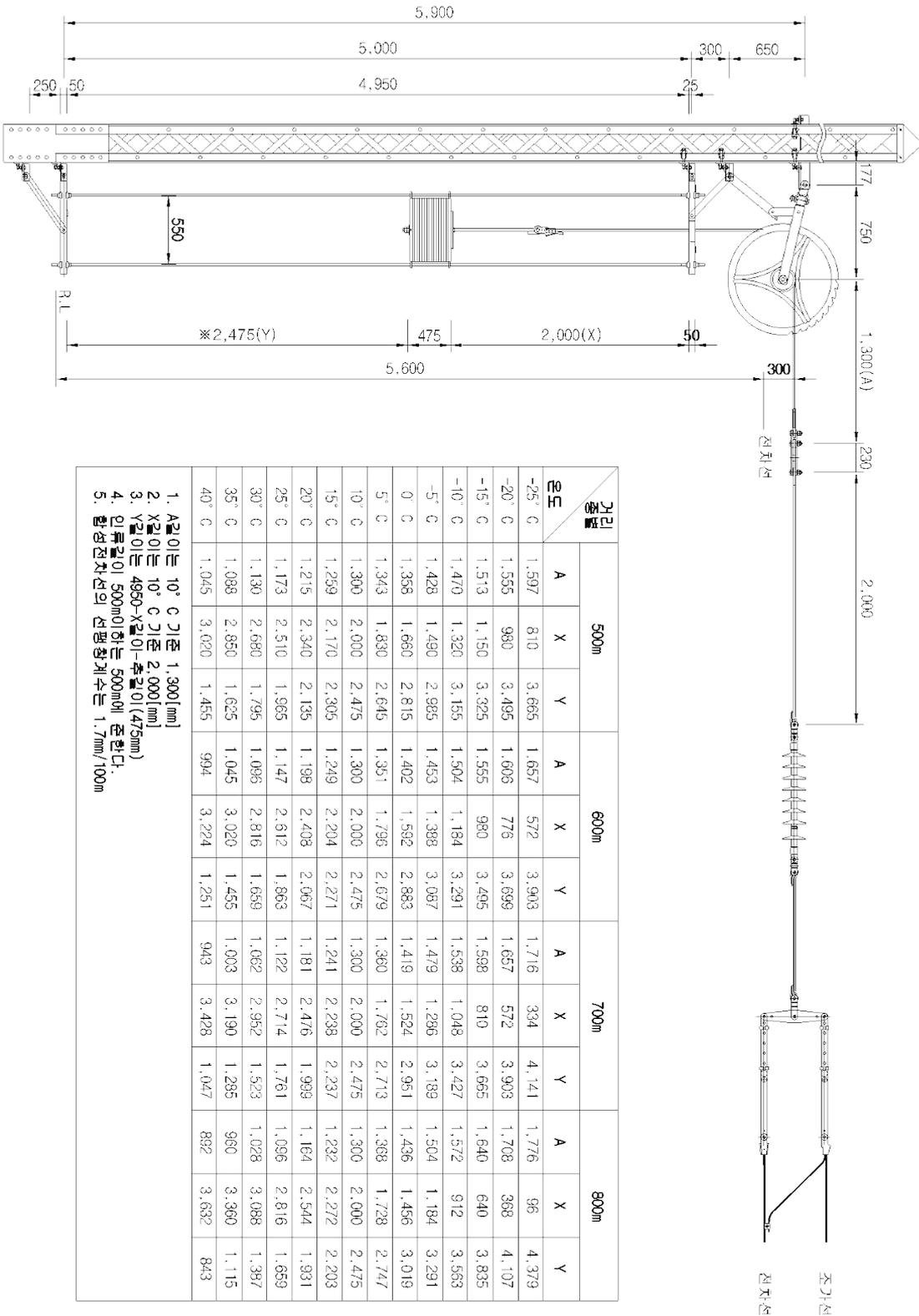


장력조정장치의 온도변화에 의한 추 이동량 (2.4Ton 철주용)



거리 종별	500m			600m			700m			800m		
	A	X	Y	A	X	Y	A	X	Y	A	X	Y
-25° C	1,597	810	3,722	1,657	572	3,960	1,716	334	4,198	1,776	96	4,436
-20° C	1,555	980	3,552	1,606	776	3,756	1,657	572	3,960	1,708	388	4,164
-15° C	1,513	1,150	3,382	1,555	980	3,552	1,598	810	3,722	1,640	640	3,892
-10° C	1,470	1,320	3,212	1,504	1,184	3,348	1,538	1,048	3,484	1,572	912	3,620
-5° C	1,428	1,490	3,042	1,453	1,388	3,144	1,479	1,268	3,246	1,504	1,184	3,348
0° C	1,388	1,660	2,872	1,402	1,592	2,940	1,419	1,524	3,008	1,436	1,456	3,076
5° C	1,343	1,830	2,702	1,351	1,796	2,736	1,360	1,762	2,770	1,368	1,728	2,804
10° C	1,300	2,000	2,532	1,300	2,000	2,532	1,300	2,000	2,532	1,300	2,000	2,532
15° C	1,259	2,170	2,362	1,249	2,204	2,328	1,241	2,238	2,294	1,232	2,272	2,260
20° C	1,215	2,340	2,192	1,198	2,408	2,124	1,181	2,476	2,056	1,164	2,544	1,988
25° C	1,173	2,510	2,022	1,147	2,612	1,920	1,122	2,714	1,818	1,096	2,816	1,716
30° C	1,130	2,680	1,852	1,096	2,816	1,716	1,062	2,962	1,580	1,028	3,088	1,444
35° C	1,088	2,850	1,682	1,045	3,020	1,512	1,003	3,190	1,342	960	3,360	1,172
40° C	1,045	3,020	1,512	994	3,224	1,308	943	3,428	1,104	892	3,632	900

1. A열이는 10° C 기준 1,300[mm]
2. X열이는 10° C 기준 2,000[mm]
3. Y열이는 4950-X열이-축열이(418mm)
4. 인출열이 500mm이하는 500mm에 준한다.
5. 합성전차선의 선평정계수는 1.7mm/100m



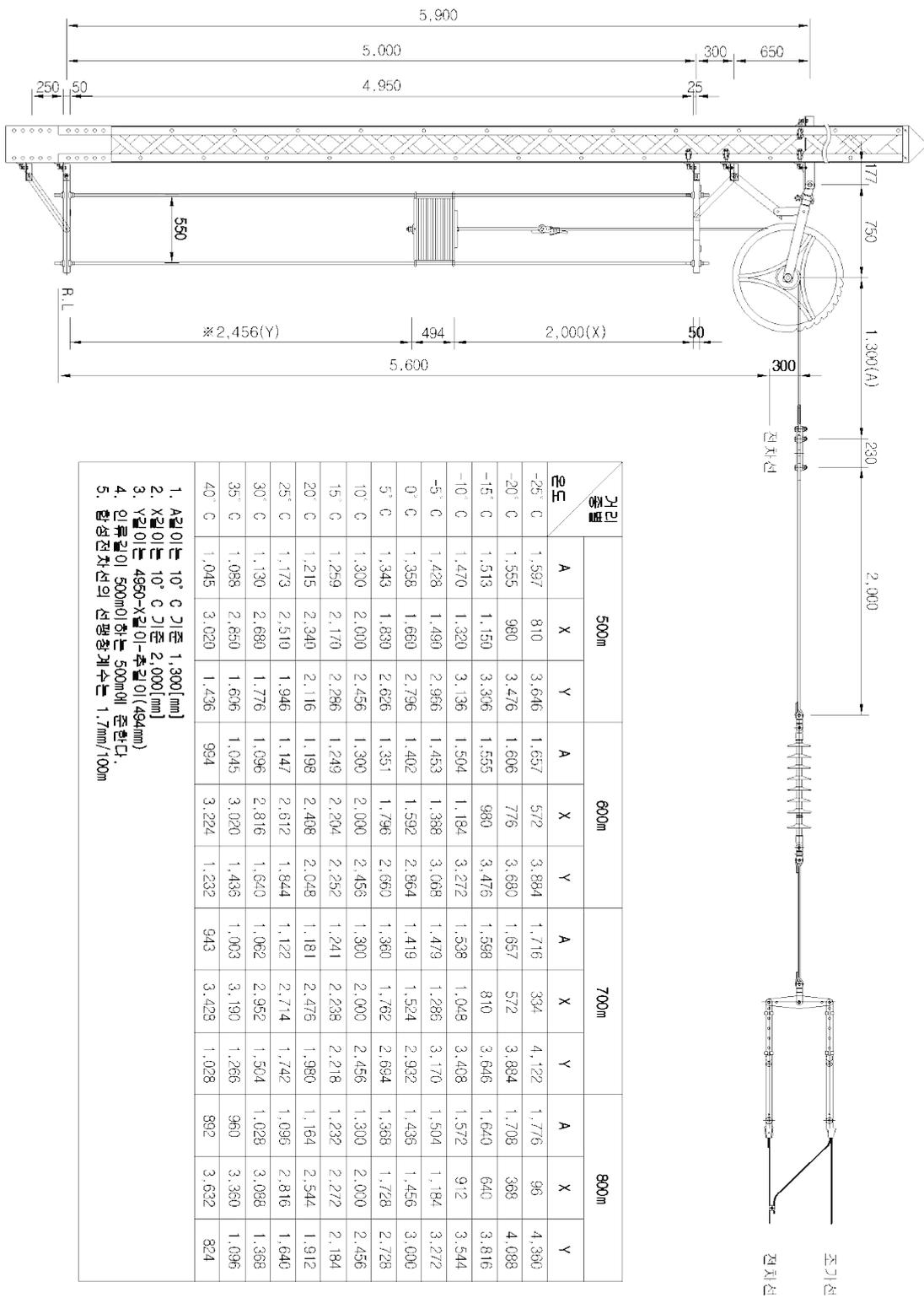
장력조정장치의 온도변화에 의한 추 이동량 (2.8Ton 철주용)

각리 온도	500m			600m			700m			800m		
	A	X	Y	A	X	Y	A	X	Y	A	X	Y
-25° C	1,597	810	3,665	1,657	572	3,903	1,716	334	4,141	1,776	96	4,379
-20° C	1,555	980	3,495	1,606	776	3,699	1,657	572	3,903	1,708	368	4,107
-15° C	1,513	1,150	3,325	1,555	980	3,495	1,598	810	3,665	1,640	640	3,835
-10° C	1,470	1,320	3,155	1,504	1,184	3,291	1,538	1,048	3,427	1,572	912	3,563
-5° C	1,428	1,490	2,985	1,453	1,388	3,087	1,479	1,286	3,189	1,504	1,184	3,291
0° C	1,386	1,660	2,815	1,402	1,592	2,883	1,419	1,524	2,951	1,436	1,456	3,019
5° C	1,343	1,830	2,645	1,351	1,796	2,679	1,380	1,762	2,713	1,368	1,728	2,747
10° C	1,300	2,000	2,475	1,300	2,000	2,475	1,300	2,000	2,475	1,300	2,000	2,475
15° C	1,259	2,170	2,305	1,249	2,204	2,271	1,241	2,238	2,237	1,232	2,272	2,203
20° C	1,215	2,340	2,135	1,198	2,408	2,067	1,181	2,476	1,999	1,164	2,544	1,931
25° C	1,173	2,510	1,965	1,147	2,612	1,863	1,122	2,714	1,761	1,096	2,816	1,659
30° C	1,130	2,680	1,795	1,096	2,816	1,659	1,062	2,952	1,523	1,028	3,088	1,397
35° C	1,088	2,850	1,625	1,045	3,020	1,455	1,003	3,190	1,285	960	3,360	1,115
40° C	1,045	3,020	1,455	994	3,224	1,251	943	3,428	1,047	892	3,682	843

1. A값이는 10° C 기준 1,300[mm]
2. X값이는 10° C 기준 2,000[mm]
3. Y값이는 4950-X값이-추높이(475mm)
4. 인출길이 500mm이하는 500mm에 준한다.
5. 활선전차선의 선평합계수는 1.7mm/100m



장력조정장치의 온도변화에 의한 축 이동량 (3Ton 철주용)



거리 온도	500m		600m		700m		800m					
	A	X	Y	A	X	Y	A	X	Y			
-25° C	1,587	810	3,646	1,657	572	3,884	1,716	334	4,122	1,776	96	4,386
-20° C	1,555	980	3,476	1,606	776	3,680	1,657	572	3,884	1,708	388	4,088
-15° C	1,513	1,150	3,306	1,555	980	3,476	1,598	810	3,646	1,640	640	3,816
-10° C	1,470	1,320	3,136	1,504	1,184	3,272	1,538	1,048	3,408	1,572	912	3,544
-5° C	1,428	1,490	2,966	1,453	1,388	3,068	1,479	1,286	3,170	1,504	1,184	3,272
0° C	1,386	1,660	2,796	1,402	1,592	2,864	1,419	1,524	2,932	1,436	1,456	3,000
5° C	1,343	1,830	2,626	1,351	1,796	2,660	1,360	1,782	2,694	1,368	1,728	2,728
10° C	1,300	2,000	2,456	1,300	2,000	2,456	1,300	2,000	2,456	1,300	2,000	2,456
15° C	1,259	2,170	2,286	1,249	2,204	2,282	1,241	2,238	2,218	1,232	2,272	2,184
20° C	1,215	2,340	2,116	1,198	2,408	2,048	1,181	2,476	1,980	1,164	2,544	1,912
25° C	1,173	2,510	1,946	1,147	2,612	1,844	1,122	2,714	1,742	1,096	2,816	1,646
30° C	1,130	2,680	1,776	1,096	2,816	1,640	1,062	2,952	1,504	1,028	3,088	1,368
35° C	1,088	2,850	1,606	1,045	3,020	1,486	1,003	3,190	1,266	960	3,360	1,096
40° C	1,045	3,020	1,436	994	3,224	1,232	943	3,428	1,028	892	3,632	824

1. A값이는 10° C 기준 1,300[mm]
2. X값이는 10° C 기준 2,000[mm]
3. Y값이는 4990-X값이-축길이(494mm)
4. 인장강이 500N/㎡하는 500m에 준한다
5. 원형전치선의 선평형계수는 1.7mm/100m

해설 2. 가공전차선로 영구신장조성 장력과 시간

1. 개요

전차선 및 조가선은 가설 후 자동장력장치에 의해 상시 장력이 가해지므로 장시간 경과 후 전선의 크리프(creep)현상으로 인해 전선이 늘어나고, 이로 인해 전차선의 경우 금구의 설치위치가 변경되며, 집전특성에 영향을 미치므로 전선을 잘라내는 등 유지보수 업무가 과중하게 된다. 따라서 크리프 연신율의 영향을 작게하는 방법으로 표준장력보다 큰 장력을 일정시간 가하여 미리 초기의 크리프 연신을 발생시키는 영구신장조성 공법이 채용되어 사용되고 있다.

2. 기존의 영구신장조성 기준

기존 국가철도공단의 규정에서 영구신장조성시 장력 및 시간은 다음과 같다.

구 분	종 별 [mm ²]	과 장 력 [N]	시 간 [분]	비 고
전 차 선	Cu 170	24,500	30	
	Cu 150	19,600	30	경부선
	Cu 110	19,600	30	호남선
	Cu 150	운전장력의 150%	72시간	신설선
	Cu 110	운전장력의 150%	72시간	신설선
조 가 선	St 135	29,400	10	
	St 90	15,680	10	
	CdCu 70~80	14,700	10	
	Bz 65	14,700	10	경부선,호남선
	CdCu 70	운전장력의 110%	10	신설선
	Bz 65	운전장력의 110%	10	신설선

또한, 기존의 국가철도공단 KR E-03210 해설2에서 제시한 영구신장조성시 장력 및 시간은 다음과 같다.

구 분	종 별	과 장 력	인가시간	비고
전 차 선	동[Cu]선	운전장력의 200%	30분	기존선
	동[Cu]선 동합금선	운전장력의 150%	72시간	신설선
조 가 선	동합금선	운전장력의 110%	10분	기존선,신설선



3. 외국의 영구신장조성 기준

(1) 일본

① 동일본 여객철도 주식회사 제정 전기공작물 설계시공표준(재래선)

전 선	선 중 [mm ²]	표준장력 [N]	과 장 력 [N]	시 간 [분]
전 차 선	Cu 170	9,800	19,600	30
	Cu 110	9,800	19,600	30
	Cu 85	7,800	15,600	30
조 가 선	St 135	19,600	29,400	10
	St 95	10,400	15,600	10

② 동북 신간선

전 선	선 중 [mm ²]	표준장력 [kN]	과 장 력 [kN]	시 간 [분]
전 차 선	GT-M-SN 170	9.8	19.6	30
	GT-CS 110	19.6	32.34	30
조 가 선	St 135	14.5	23.52	10
	PH 150	19.6	29.4	30
	PH-Ag 150	19.6	29.4	30

(2) 프랑스(SNCF)

구 분	과 장 력	인 가 시 간	비 고
전차선	운전장력의 150%	72시간	
조가선	운전장력 + 1,000N	72시간	

4. 전차선로에서 크리프(Creep)의 영향

전차선로에서 전차선과 조가선은 재질이 다르므로 변형량이 다르다. 일반적으로 순동(Cu)을 재질로 하는 전차선이 합금 재질인 조가선보다 변형량이 크게되며, 전차선로에서 영구변형(Creep)이 일어나면 조가선은 거의 신장되지 않는데 비해 전차선은 늘어나므로 전차선을 물고 있는 곡선당김금구가 돌아가고 이로 인해 가동브래킷이 비틀리게 된다. 이를 방지하기 위하여 주기적으로 전차선의 금구위치를 교정해 주고 전차선을 절단하는 유지보수를 빈번히 해야 한다.

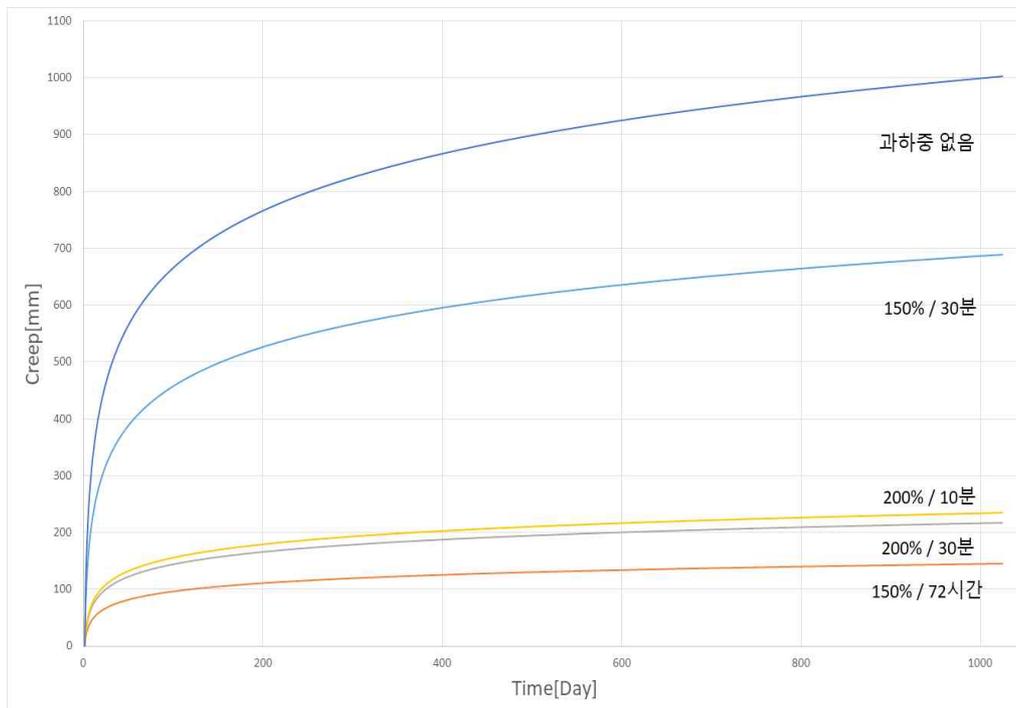
5. 과하중 조건별 크리프 현장 설치시험

“전차선 및 조가선 영구신장조성 최적화 방안 연구 용역(2021년 12월, 한국철도기술연구원, (주)디투엔지니어링, 한밭대학교)”에서 과하중 조건별 현장시험을 시행하였으며, 조건별 과하중 부가 후 약 1년여간 데이터를 축적하였다. 크리프 현장시험 결과는 다음과 같다.

(1) 현장 시험 조건

케이스	선종	과하중[%]	인가시간
1	전차선	운전하중의 150	72시간
2		운전하중의 150	30분
3		운전하중의 200	30분
4		운전하중의 200	10분
5		과하중 없음	-

(2) 시험결과를 활용한 과하중 전차선 조건별 3년 후 크리프량 예측(800m장력거리 조건)



6. 가공전차선로 영구신장조성시의 장력 및 시간 기준

상기 시험 검토 결과 운전하중의 150% 및 10분 유지 과하중의 경우 크리프 연신이 가장 작은 운전하중의 150% 및 72시간 유지 과하중과 비교하여 3년 후 약 90mm(장력거리 800m 기준) 정도 더 늘어나지만, 그 연신은 시공 후 초기 6개월 안에 거의 발생한다. 이러한 연신의 차이는 요크에서 어느 정도 수용이 가능한 수치이고, 특히 전차선이 크리프 현상에 의하여 늘어날 때 조가선의 경우 연선으로 구성되어 있어서 조가선도 어느 정도 함께 늘어나서 드로퍼의 수평도 등의 측면에서 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 그리고, 전차선/조가선 가선 후 일부 조정으로 성능을 유지할 수 있을 것이라고 판단된다. 따라서, 순동 전차선에 대하여 건설선이나 운영선 구분 없이 작업환경 등을 고려하여 150%의 과하중을 72시간 이상 유지하거나 혹은 200%의 과하중을 10분 이상 유지하면 초기 크리프 특성을 제거할 수 있을 것으로 판단된다.



그리고, 문헌 조사/분석 결과 동합금 재질을 사용하는 전차선의 경우 순동 재질과 비교하여 약 2배 정도의 재결정 온도를 가지고 있어서 크리프 연신이 상대적으로 더 낮다. 특히, CuMg 및 CuSn 전차선의 경우 거의 크리프 연신이 되지 않는 경향을 보이고 있다. 초기에 대부분의 크리프 연신이 발생하는 것으로 판단된다. 순동 전차선의 현장시험 결과를 보면 과하중 150% 및 30분 유지로도 일부 초기 크리프가 제거될 수 있고, 또한 동합금 전차선의 경우 높은 장력을 사용하고 있어서 과하중을 부가하기 쉽지 않다. 따라서 동합금 전차선의 경우 150%의 과하중을 30분 이상 유지하면 초기 크리프 현상을 제거할 수 있을 것이라고 판단된다. 또한, 조가선의 경우도 CuMg 재료를 사용하고 연선 구조로 제작하기 때문에 기존의 과하중 기준을 사용하는 것이 타당하다고 판단된다.

따라서, 건설선 및 운영선 구분 없이 모든 선로에서 전차선 및 조가선에 대한 과하중 부가 방법을 제시하면 다음과 같다.

(1) 영구신장조성 과장력과 시간

구 분	종 별	과 하 중	인가시간	비고
전 차 선	순동선 (Cu)	운전장력의 150%	72시간	기존선, 신설선
		운전장력의 200%	10분	
	동합금선	운전장력의 150%	30분	
조 가 선	동합금선	운전장력의 110%	10분	

RECORD HISTORY

- Rev.0('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.
- Rev.4('15.06.29) 인류장치에 설치되는 구분용 애자는 주변여건을 고려하여 설치하도록 함
- Rev.5('22.12.09) “전철전력분야 기술개선 및 업무협력 공단·공사 실무회의 결과”(전철처-9594호, 2021.12.06.)에 따라 온도의 변화 등 전선류의 신장 및 신축상태 육안 확인을 위한 고저 유동표시기 반영
- Rev.6('23.11.27) 관계 법령, 설계기준 등 인용 기준 최신화, 표현방식 변경, 오류사항 수정 등 단순사항 수정(기준심사처-4429호, 2023.11.27.)
- Rev.7('23.12.21) “전차선 및 조가선 영구신장조성 최적화 연구” 결과 반영 요청(기술연구처-3120호, 2021.12.27.)에 따른 개정(기준심사처-4846호, 2023.12.19.)