

*KR E-03050*

*Rev.4, 27. November 2013*

# 지지물의 형식과 설계

2013. 11. 27



한국철도시설공단







# 목 차

1. 지지물의 형식과 설계 .....	1
2. 전철용 전주의 종별 .....	2
<b>해설 1. 강구조물의 설계 .....</b>	<b>3</b>
1. 부 재 .....	3
1.1 강재 .....	3
1.2 강재두께의 제한 .....	3
1.3 볼트 및 너트 .....	3
2. 허용응력도 .....	4
2.1 항복점 및 인장강도 .....	4
2.2 허용응력도 .....	4
2.3 허용좌굴응력도 .....	5
2.4 유효단면적 .....	6
2.5 압축재의 좌굴강도를 취하는 법 및 세장비의 제한 .....	10
2.6 강재의 정수 .....	12
3. 단일재의 강도계산 .....	14
3.1 강재의 강도계산 .....	14
3.2 강재류의 단면특성 .....	15
3.3 볼트의 강도계산 .....	16
3.4 볼트의 허용전단력 및 허용지압력 .....	18
4. H형강주 및 I형강주의 강도계산 .....	25
5. 조합철주의 강도계산 .....	32
5.1 조합철주의 단면특성 .....	32
5.2 조합철주의 강도계산 .....	36
6. 트러스구조재의 강도계산 .....	43
7. 볼트접합 .....	45
7.1 볼트의 간격 .....	45
7.2 볼트의 위치 .....	45
7.3 볼트이음매의 구조 .....	47
7.4 주주재의 접속 .....	49



8. 용접 .....	50
8.1 용접의 사용범위 .....	50
8.2 용접에 사용하는 강재 .....	50
8.3 용접이음매의 형식 .....	51
8.4 용접의 허용응력도 .....	53
8.5 용접의 강도계산 .....	54
8.6 응력을 전달하는 이음매의 치수 .....	58
9. 철주각부(鐵柱脚部)의 설계 .....	60
9.1 철주각부의 구성 .....	60
9.2 근계매입의 구조 .....	61
9.3 앵커볼트의 설치구조 .....	61
<b>해설 2. 지지물의 적용기준 .....</b>	<b>68</b>
1. 일반철도의 지지물 적용 .....	68
1.1 단독주 적용기준 .....	68
1.2 문형주 및 빔 적용기준 .....	69
1.3 기초의 적용기준 .....	69
2. 고속철도의 지지물 적용 .....	74
2.1 단독주 적용기준 .....	74
2.2 문형주 및 빔 적용기준 .....	76
2.3 기초의 적용기준 .....	76
<b>RECORD HISTORY .....</b>	<b>80</b>

## 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. 지지물의 형식과 설계

(1) 전차선로 지지물의 형식은 다음 각 호 및 표준도의 설비도 및 부품도에 의한다. 또한 터널벽 등을 이용할 경우도 이에 준한다.

- ① 정거장간 및 정거장 구내의 본선은 가동브래킷식 사용을 원칙으로 한다.
- ② 고정빔은 4각 빔 사용을 원칙으로 한다. 다만, 필요한 경우에는 스펜션빔, 강관빔 등을 사용할 수 있다.

가. 5선용 이하 : 4각트러스빔

나. 6선용 이상 : 4각트러스라멘빔(하수강 설치개소 5선용)

- ③ 조차장·선로수가 많은 정거장구내에서 빔의 길이가 특히 길게 설치하여야 하는 장소에는 스펜션빔을 사용할 수 있다.
- ④ 조차장·차량기지·정거장구내측선 등 합성전차선이 밀집하는 장소에는 전기차 운행속도 등 현장여건을 고려하여 빔하스펜션식을 사용할 수 있다.
- ⑤ 터널 내에는 터널브래킷식, 가동브래킷식, 강체방식으로 할 수 있다.

(2) 다음 각 호의 경우에 고정빔 방식을 사용한다.

- ① 건식케이지가 가동브래킷 조정범위를 초과하여 하수강을 사용할 경우
- ② 선로간격협소 등 단독주 건식 위치 확보가 곤란한 경우
- ③ 승강장 개소 등 겸용주 개소
- ④ 기타 현장의 환경에 따라 단독주 시공이 곤란한 경우

(3) 지지물의 설계하중은 다음과 같이 하여야 한다.

- ① 설계 시 선로에 직각 및 평행방향에 대하여 다음 하중을 고려한다.

가. 전선 중량

나. 브래킷, 빔 기타 중량

다. 작업원의 중량은 필요가 있을 때는 1인당 60[kg], 2인으로 한다.

라. 풍압하중

마. 전선의 횡장력

바. 지지물이 특수한 사용조건에 따라 일어날 수 있는 기타의 모든 하중

- ② 지지물 및 기초, 지선에 적용하는 지진 하중은 구조물 무게 중심을 작용점으로 하여 수평 방향으로의 구조물 질량의 6퍼센트, 수직 방향으로의 구조물 질량의 3퍼센트 만큼 추가 하중을 부과하여야 한다.

(4) 지지물의 선정은 다음과 같이 하여야 한다.

- ① 토공구간, 교량구간의 전차선로 지지물은 단독지지물을 원칙으로 하되, 단독지지물을 세울 수 없는 경우 가선조건과 선로조건 등을 고려하여 적절한 문형지지물을 적용한다.



- ② 터널구간 및 선상역사구간 등은 하수강을 적용하고 부득이한 경우 다른 방식을 적용한다.
- ③ 지지물은 내식성, 내구성을 가진 소재를 선택하되, 미관과 환경을 고려하여야 한다.
- ④ 지지물은 열차의 진동에 따른 풀림이 발생하지 않도록 하여야 하며, 경제성 및 시공 편의성과 향후 유지보수를 위하여 간소화 및 표준화 하여 설계한다.

## 2. 전철용 전주의 종별

전철용 전주는 철주(강관주, H형강주, 조립철주)사용을 원칙으로 하되, 빔개소 등 특수한 개소는 설계에 따라 조립철주, 찬넬주 등을 사용할 수 있다. 다만, 부득이 한 경우는 콘크리트주를 사용할 수 있다.

## 해설 1. 강구조물의 설계

### 1. 부 재

#### 1.1 강재

전차선로용 강구조물에 사용하는 강판, 형강, 평강, 강관, 및 강봉(볼트재를 포함, 이하같음)은 KS D 3503(일반구조용압연강재) (SS400), (SS490), KS D 3566(일반강구조용탄소강강판), (STK400), (STK490)을 사용한다.

강재는, 그 함유된 성분상 보통강 또는 탄소강과, 특수강으로 분류된다. 보통강 또는 탄소강은, 철(Fe)과 탄소(C)를 주성분으로 하는 강으로, 소량의 규소(Si), 망간(Mn)과 미량의 인(P), 유황(S) 등을 포함한다.

탄소강은, 또한 탄소의 양에 의해 저탄소강, 중탄소강, 고탄소강으로, 또한, 강도에 따라 극연강, 연강, 반영강, 반경강, 경강, 최경강 등으로 세분되어 있다.

여기에서는, 전차선로용 구조물에 사용되는 강재를, KS D 3503 「일반구조용 압연강재」 및 KS D 3566 「일반구조용 탄소강판」으로 규정하고 있다.

관두께가 두껍고, 용접구조로 할 경우는, 용접구조에 적합한 KS D 3515 「용접구조용 압연강재」가 적당하지만, 전차선로용 구조물에는 특수한 경우 외에는 사용되지 않기 때문에 표준에서 제외하였다.

시장에는, 이밖에 보통강재로 불리우며, 기계적 강도만이 상기의 규격품과 동등하다고 판정되는 이른바 무규격품도 출회하고 있으나, 전차선로용 구조물에는 KS 규격품을 사용하도록 하였다.

#### 1.2 강재두께의 제한

강재두께는 다음 값 이상의 것을 사용한다.

- (1) 철주 및 빔(가동브래킷을 제외)의 주재 6mm 이상(단, 내면기밀강관의 경우 3mm 이상)
- (2) 기타 부재 3mm 이상
- (3) 전차선로의 구조물은 레일에 가까우므로, 철분이나 부식성의 유기물이 부착되기 쉬우므로, 오래전부터 부식에 대한 고려가 배풀어져 왔다. 철주 등의 주재도 이 때문에, 부식에 의한 단면특성의 변화를 고려하여 종래부터 최소두께를 6mm로 하고 있는 것을 그대로 채용한 것이다. 따라서 내면기밀강관인 경우는 부식면이  $\frac{1}{2}$ 이 되므로, 기타의 부재와 같이 3mm로 하고 있다.

#### 1.3 볼트 및 너트

볼트 및 너트는 KS B 1002(6각볼트), KS B 1012(6각 미터나사) 및 KS B 0201(미터 보통나사)를 사용한다.



나사에는 종래 미터(m) 나사, 워트(wit)나사 및 유니파이(unify) 나사의 세 종류가 있는데, 국제표준화기구(ISO) 추천규격의 나사가 국제간에 채용되도록 되어 있기 때문에, 우리나라에서도 21세기부터는 워트나사는 폐지되고, m 나사가 일반적으로 사용되게 되었으므로, 나사는 모두 m(m) 나사를 사용하는 것으로 하였다.

## 2. 허용응력도

### 2.1 항복점 및 인장강도

강재의 항복점 및 인장강도는 <표 1>에 의한다.

KS D 3503은 강재의 실정에 맞추어 두께에 따라 항복점 강도가 바뀌고 있다. 즉, 16mm이하, 16mm를 넘고 40mm이하, 40mm를 넘는 것의 3종류로 분류되었다.

전차선로에는, 두께가 40mm를 넘는 두꺼운 강재를 사용하는 예가 적으므로, 두께가 40mm를 넘는 강재를 사용하는 경우는 강도가 감소하므로 주의를 요한다.

표 1. 강재의 항복점 및 인장강도

종 별	규 격	두 겜 [mm]	항 복 점 $\sigma_Y$ [N/cm <sup>2</sup> ]	인장강도 $\sigma_B$ [N/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_Y/\sigma_B$
SS400	KSD3503	16이하	24,500 이상	40,000	0.61
		16을 넘고 40이하	23,500		0.59
STK400	KSD3566	-	23,500		0.59
SS490	KSD3503	16이하	28,500	49,000	0.58
		16을 넘고 40이하	27,500		0.56
STK490	KSD3566	-	31,500		0.64

### 2.2 허용응력도

(1) 강재의 허용응력도는 <표 2>에 의한다.

표 2. 강재의 허용응력도

종 별	두 겜 [mm]	인장응력 [N/cm <sup>2</sup> ]	압축응력 [N/cm <sup>2</sup> ]	휨응력 [N/cm <sup>2</sup> ]	전단력 [N/cm <sup>2</sup> ]		지압응력 [N/cm <sup>2</sup> ]
					일반재	볼트	
SS400	16이하	16,170	16,170	16,170	9,310	11,760	26,950
	16을 넘고 40이하	15,680	15,680	15,680	9,310	11,270	25,480
SS490	16이하	18,620	18,620	18,620	10,780	13,230	30,870
	16을 넘고 40이하	18,130	18,130	18,130	10,290	12,740	29,890
STK400	-	15,680	15,680	15,680	9,310	-	25,480
STK490	-	20,580	20,580	20,580	11,760	-	34,300

(2) <표 2>의 강재의 허용응력도는 다음과 같이 계산한 것이다.

표 3.

허용응력의 종류		허용응력 [N/cm <sup>2</sup> ]
허용인장 응 력	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y \leq \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$ 인 경우	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y$
	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y > \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$ 인 경우	$\frac{1}{1.5}\sigma_B$
허용압축응력 또는 허용휨응력		$\frac{1}{1.5}\sigma_Y$
허용전단 응 력	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y \leq \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$ 인 경우	$\frac{1}{1.5\sqrt{3}}\sigma_Y$ <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 5px; margin-top: 5px;">                     {KS D 3503에 규정한다.                      일반구조용 압연강재중 2종 또는 3종을                      볼트재로 사용하는 경우는 1.25배한 값                 </div>
	$\frac{1}{1.5}\sigma_Y > \frac{0.7}{1.5}\sigma_B$ 인 경우	$\frac{0.7}{1.5\sqrt{3}}\sigma_B$
허용지압응력		$1.1\sigma_Y$

(비고) 1.  $\sigma_Y$ 는, 강재의 항복점 (N/cm<sup>2</sup>를 단위로 한다)

2.  $\sigma_B$ 는, 강재의 인장강도 (N/cm<sup>2</sup>를 단위로 한다)

강재의 안전율을 항복점 강도에 대해 1.5이상으로 하도록 규정하고 있으나, <표 2>는 <표 1>의 항복점 강도의 1/1.5를 넘지 않는 범위로 되어있고, 기준규정의 정하는 바에 모순되지 않는 값으로 되어있다.

### 2.3 허용좌굴응력도

허용좌굴응력도의 계산식은 다음에 의한다. 다만, 편 플랜지접합 ㄱ형강구조재로 사용하는 경우에는, 다음 계산식에 의해 계산된 값이 <표 3>의 좌굴응력의 상한치를 넘을 때는 그 상한치로 한다.

$\ell/r \leq \lambda$ 의 경우

$$f_k = K_0 - K_1 \left( \frac{\ell}{100r} \right) - K_2 \left( \frac{\ell}{100r} \right)^2 \quad (1)$$

$\ell/r \geq \lambda$ 의 경우

$$f_k = \frac{9310}{\left( \frac{\ell}{100r} \right)^2} \times 9.8 \quad (2)$$

$f_k$  : 허용좌굴 응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

$\ell$  : 부재의 유효좌굴장 [cm] <표 5> 참조)

$r$  : 부재단면의 회전반경 [cm]

$\lambda$  : 세장비

$K_0, K_1, K_2$  : 구성재의 구분에 따라 <표 4>에 의한다.



표 4. 강재의 허용응력도

구성재의 구분	종 별	두께 [mm]	$\lambda$	$K_0$	$K_1$	$K_2$	$f_k$ 상한치
단일 ㄱ형강 등 편심이 비교적 적은 것	SS400	16이하	105	15,190	235	5,900	-
		16을 넘고 40이하	110	14,700	206	5,606	-
	SS490	16이하	100	17,640	274	8,056	-
		16을 넘고 40이하	100	17,150	265	7,575	-
편플렌지 접 합 ㄱ형강재 등 편심이 많은 것	SS400	16이하	135	15,190	7468	0	9,800
		16을 넘고 40이하	140	14,700	7105	0	9,408
	SS490	16이하	130	17,640	9330	0	11,368
		16을 넘고 40이하	130	17,150	8957	0	10,976

(주) 부재좌굴강도표는 부록을 참조할 것

## 2.4 유효단면적

인장재 또는 압축재의 유효단면적의 계산은 다음과 같다.

### (1) 인장재의 유효단면적

#### ① 강판 또는 평강의 경우

인장재의 유효단면적은 볼트 구멍을 따라 상정되는 각종 파괴선에 대하여, 다음의 방법으로 산출한 부재의 등가단면적 중 그 최소값으로 한다. 부재의 등가단면적은 축에 직각인 부재의 단면적에서 볼트 구멍에 의한 단면결손면적을 파괴선을 따라 순차 차인하여 구한다. 이 경우, 볼트 구멍의 결손면적은 파괴선에 따라 제1볼트에 대하여는 순수결손면적  $a_0$ (볼트 구멍지름×두께)를 취하고, 제2볼트 이하에 대하여는 각 볼트 구멍에 선도 볼트구멍에 대한 관계위치에 따라 이하의 등가결손면적  $a$ 를 취한다.

$$b \leq 0.5g \text{ 때 } a = a_0 \quad (3)$$

$$b > 0.5g \text{ 때 } a = (1.5 - \frac{b}{g})a_0 \quad (4)$$

$b$  : 볼트간격 [cm]

$g$  : 볼트열의 간격 [cm]

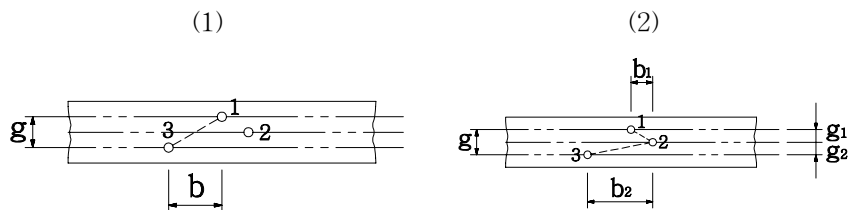


그림 1. 인장재의 유효단면적

(1) 의 경우  $A_e = A - a_1 - a_2$  (5)

(2) 의 경우  $A_e = A - a_1 - a_2 - a_3$  (6)

A : 축에 직각인 부재단면적

$a_1$  : 제1 볼트구멍의 등가단면적 =  $a_0$

$a_2$  : 제2 볼트구멍의 등가단면적 [(2)의 경우  $g_1 b_1$ 에 의해 구한다.]

$a_3$  : 제3 볼트구멍의 등가단면적

(1) 의 경우  $g_1 b_1$ 에 의해 구한다.

(2) 의 경우  $g_2 b_2$ 에 의해 구한다.

부재의 등가단면적  $A_e$ 는 (1)과 (2)의 값을 비교하여 적은 값을 취한다.  $b > 1.5$ 의 경우는 볼트구멍을 통한 파괴선은 상정할 필요가 없다.

## ② ㄱ형강 및 ㄴ형강의 등가단면적

ㄱ형강 및 ㄴ형강일 때는, 각을 전개하여 <식 (3)~(6)>을 적용한다. 이 경우, 볼트 열중심 선간거리  $g$ 는, 다음 값을 취한다.

$$g = g_1 + g_2 - t \quad (7)$$

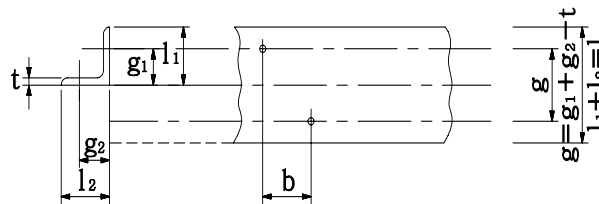


그림 2.

## ③ 편 플랜지 접합의 경우 유효단면적

편 플랜지 접합의 경우는 돌출각의 1/2을 감한다.

단면을 계산하면

$$A_e = 0.75A - a \quad (8)$$

$A_e$  : 유효단면적

A : 부재단면적

a : 볼트구멍 결손면적

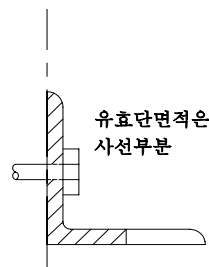


그림 3.



- ④ 인장재의 유효단면적은 「강구조 설계」에 따른 것으로 다수의 볼트구멍이 지그재그형 또는 불규칙하게 배치되어 있을 때는, 여러 파단선을 상정하여 실단면적을 구하고, 그 최소인 것을 유효단면적으로 한다.

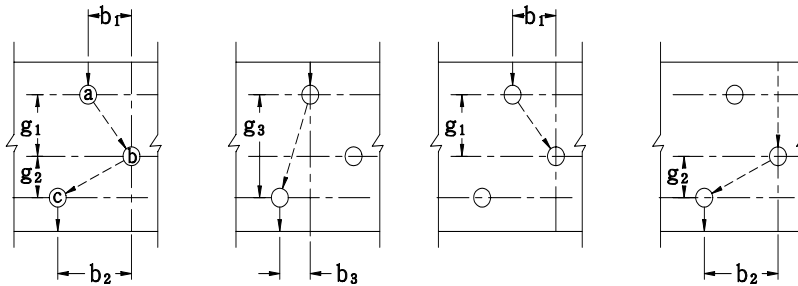


그림 4. 각종 파단선의 상정

- ⑤ ㄱ형강이나 ㄷ형강은 해설 <그림 5>와 같이 각(脚)을 전개하여 등가단면적을 구하지만, 이 경우, 각의 내측을 중심으로 하여 열려있으므로 두께  $t$ 를 뺀다.
- ⑥ ㄱ형강의 편측만을 플랜지 접합했을 경우, 그 ㄱ형강에는 접합되어 있지 않은 측의 플랜지 단면의  $\frac{1}{2}$ 이 무시되는 응력이 발생하기 때문에, 편플랜지 접합인 경우의 유효단면적은 접합되어 있지 않은 측의  $\frac{1}{2}$ 의 단면을 뺀 단면으로 계산한다.

#### [계산 예]

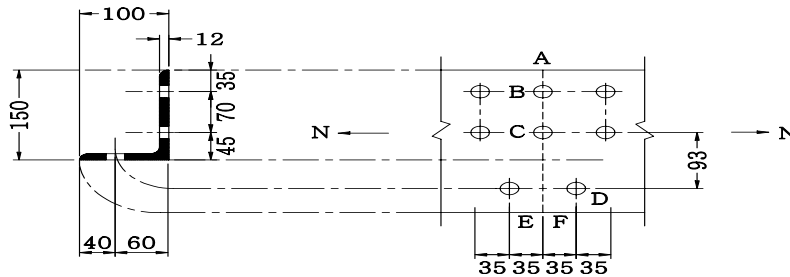


그림 5.

볼트구멍 직경 1.75cm일 때, 인장재로서의 유효단면적을 구하면,

#### 1. 파괴선 ABCE

제1볼트B(전단면)  $d_1 = 1.75 \text{ [cm]}$

제2볼트C( $b=0$ )  $\frac{d_2 = 1.75 \text{ [cm]}}{\Sigma d = 3.50 \text{ [cm]}}$

#### 2. 파괴선 ABCDF

제1볼트B  $d_1 = 1.75 \text{ [cm]}$



제2볼트C  $d_2 = 1.75 \text{ [cm]}$

제3볼트D( $b=3.5\text{cm}$ ,  $g=9.3\text{cm}$ )  $\frac{d_3 = 1.75 \text{ [cm]}}{\Sigma d = 5.25 \text{ [cm]}}$

즉, 윗그림에서는  $b < 0.5g$  이므로 제3볼트 D도 전단면이 빠지게 되고 유효단면적  $A_n$ 은,

$$A_n = 28.56[\text{cm}^2] - 5.25[\text{cm}] \times 1.2[\text{cm}] = 22.26[\text{cm}^2]$$

만일, 볼트 배열을 다음과 같이 하면

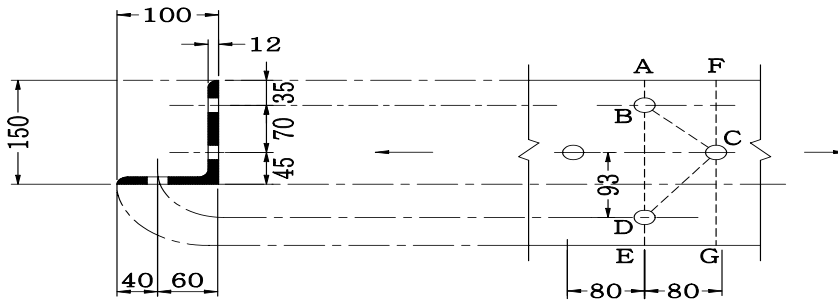


그림 6.

(1) 파괴선 ABDE

제1볼트B  $d_1 = 1.75 \text{ [cm]}$

제2볼트D( $b=0$ )  $\frac{d_2 = 1.75 \text{ [cm]}}{\Sigma d = 3.50 \text{ [cm]}}$

(2) 파괴선 ABCDE

제1볼트B  $d_1 = 1.75 \text{ [cm]}$

제2볼트C  $d_2 = \left(1.5 - \frac{8.0}{7.0}\right) \times 1.75 = 0.63 \text{ [cm]}$

제3볼트D  $\frac{d_3 = \left(1.5 - \frac{8.0}{9.3}\right) \times 1.75 = 1.12 \text{ [cm]}}{\Sigma d = 3.50 \text{ [cm]}}$

(3) 파괴선 ABCG

제1볼트B  $d_1 = 1.75 \text{ [cm]}$

제2볼트C  $\frac{d_2 = \left(1.5 - \frac{8.0}{7.0}\right) \times 1.75 = 0.63 \text{ [cm]}}{\Sigma d = 2.38 \text{ [cm]}}$

(4) 파괴선 FCDE

제1볼트C  $d_1 = 1.75 \text{ [cm]}$



$$\text{제2볼트D} \quad \frac{d_2 = \left(1.5 - \frac{8.0}{9.3}\right) \times 1.75 = 1.12 \text{ [cm]}}{\Sigma d = 2.87 \text{ [cm]}}$$

따라서 최약단면은 ABDE 또는 ABCDE이고 유효단면적  $A_n$ 은

$$A_n = 28.65[\text{cm}^2] - 3.5[\text{cm}] \times 1.2[\text{cm}] = 24.45[\text{cm}^2]$$

(2) 압축재의 유효단면적

압축재의 유효단면적은, 그의 전단면적을 취한 볼트구멍의 공제는 필요치 않다.

(3) 볼트의 유효단면적

① 인장유효단면적은 나사의 유효직경과 나사골의 직경과의 평균의 직경에 의한 단면적

② 전단유효단면적

가. 나사가 없는 부분에 하중이 걸리는 경우는 외경에 의한 단면적

나. 나사부에 하중이 걸리는 경우는 나사골의 직경에 의한 단면적

2.5 압축재의 좌굴장L을 취하는 법 및 세장비의 제한

(1) 압축재 좌굴장L을 취하는 법

압축재 좌굴장L을 취하는 법은 <표 5, 6>에 의한다.

(2) 세장비의 제한

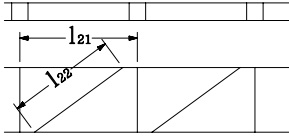
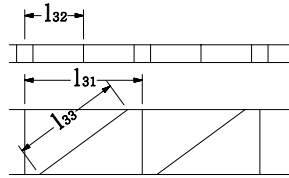
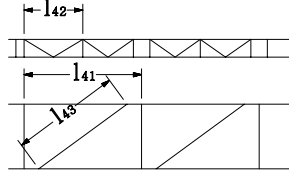
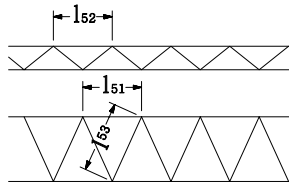
압축재에 대한 세장비의 값은 다음 제한에 의한다.

① 주주재에서는 200 이하

② 보통 압축재에서는 220 이하

③ 압축재로서 사용하고 있는 보조재에서는 250 이하

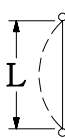
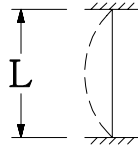
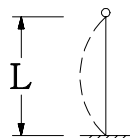
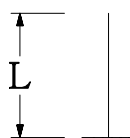
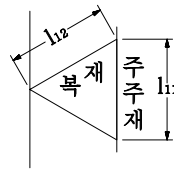
표 5. 좌굴장을 취하는 법(1)

종 별	재단의 지지상태		좌 굴 장	기 사
				
V트러스빔의 19m미만	주재		0.9 l <sub>21</sub>	r = 최소
	사재		0.8l <sub>22</sub>	r = 최소
				
V트러스빔의 19m~21m미만	주재		0.9 l <sub>31</sub>	r = 면에 직각
			l <sub>32</sub>	r = 최소
	사재		0.8 l <sub>33</sub>	r = 최소
				
V트러스빔의 21m이상	주재		0.9 l <sub>41</sub>	r = 면에 직각
			l <sub>42</sub>	r = 최소
	사재		0.8 l <sub>43</sub>	r = 최소
				
4각빔	주재		0.9 l <sub>51</sub>	r = 면에 직각
			l <sub>52</sub>	r = 최소
	사재	양단볼트 체결	0.8 l <sub>53</sub>	r = 최소
		양단용접	0.7 l <sub>54</sub>	

(주) 빔 주재 세장비는 상단 또는 하단 중 큰 것을 취한다.



표 6. 좌굴장을 취하는 법(2)

종 별	재단의 지지상태	좌굴장(L)	기 사
			
양단핀	양단고정	일단핀 일단고정	일단자유 일단고정
일반의 경우	양단핀	L	
	양단고정	0.5L	
	일단핀 · 일단고정	0.7L	
	일단자유 · 일단고정	2L	
			
철주 · 철탑 및 이와 유사한 경우	주주재		0.9 l <sub>11</sub>
	복재	양단이 볼트체결의 경우	0.8 l <sub>12</sub>
		양단이 용접의 경우(철주만)	0.7 l <sub>12</sub>

## 2.6 강재의 정수

(1) 구조용 강재의 정수는 <표 7>에 의한다.

표 7. 구조용 강재의 정수

재 료	탄성계수 E [N/cm <sup>2</sup> ]	전단탄성계수 G [N/cm <sup>2</sup> ]	푸아송비 (Poisson' s ratio) ν	선팅창계수 α
강, 주강	$2.058 \times 10^7$	$7.938 \times 10^6$	0.3	$12 \times 10^{-6}$
주 철	$9.8 \times 10^6$	$3.724 \times 10^6$	-	-

(2) 구조계산에 사용되는 제정수를 해설 <표 7>에 나타냈다.

탄성계수는 재료가 후크법칙에 따라 응력  $\sigma$ 와 변형  $\varepsilon$ (정확하게는 수직응력과 종변형)이 비례하는 범위내(비례한도 내 탄성한도 보다 약간 응력이 작다는 점)에서 응력과 변형의 비를 취한 것을 탄성계수라 하고 다음식으로 나타낸다.

$$E = \sigma / \epsilon \quad (9)$$

탄성계수는 영계수 또는 종탄성계수 모두 괜찮으며 구조계산에서는 강도(EI)로서 가선구조물의 계산이나 휨의 계산등에 사용한다.

비례한도내에는, 전단응력과 전단변형도 똑같이 비례하므로, 그 계수를 G로 나타내어 전단탄성계수 또는 횡탄성계수라하고 다음식으로 나타낸다.

$$G = \tau / \gamma \quad (10)$$

다만,  $\tau$ 는 전단응력,  $\gamma$ 는 전단변형이다.

전단탄성계수는 비틀림 계산등에 사용한다.

탄성체가 인장력 또는 압축력을 받으면 그 힘이 가해진 방향의 길이가 변화함과 동시에 직각방향도 변화한다. 예를들면 환봉을 인장하면 길이가 늘어남과 동시에, 약간이지만 직경이 작아진다. 이처럼 길이의 변화를 종변형  $\epsilon$ , 직경의 변화를 횡변형  $\epsilon'$ 라하고 양자사이에 일정한 관계가 성립된다. 이 관계를 다음식으로 나타내고  $\nu$ 인 것을 푸아송비(Poisson's ratio)라 부르고 있다.

$$\nu = 1/m = \epsilon' / \epsilon \quad (11)$$

위의 식에서  $m$ 인 것을 푸아송역비라고도 한다. 전차선 관계의 설계에서 푸아송비를 사용하는 경우는 그다지 없으나 참고로 표에 나타낸 것이다.

물체는 어느 온도 범위내에서, 온도변화와 길이의 변화에 있어서 다음식으로 표시되는 관계가 있다.

$$\ell' = \ell \{1 + \alpha(t' - t)\} \quad (12)$$

이  $\alpha$ 를 선팽창계수라 하고, 전선의 온도변화와 장력의 계산, 강구조의 온도변화에 의한 응력계산 등에 사용한다.

참고로 구조계산에 사용되는 주요 재료의 정수는 다음과 같다.

표 8.

재 료	탄성계수E [N/cm <sup>2</sup> ]	전단탄성계수G [N/cm <sup>2</sup> ]	푸아송비 (Poisson's ratio)	선팽창계수
삼 목	68.6×10 <sup>4</sup>	-	-	-
노송나무	83.3×10 <sup>4</sup>	-	-	-
콘크리트[주]	32.6×10 <sup>5</sup>	-	-	-
동	11.7×10 <sup>6</sup>	46.0×10 <sup>5</sup>	0.34	17×10 <sup>-6</sup>

### 3. 단일재의 강도계산

#### 3.1 강재의 강도계산

(1) 강관 등 단일재로 사용하는 강재의 강도계산은 <식 (13)>부터 <식 (18)>에 의한다.

이 경우 계산식 기호는 다음과 같다.

P : 외력 (인장력 또는 압축력) [N]

M : 휨모멘트 [N · cm]

$\delta_t$  : 인장재의 인장응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

$\delta_c$  : 압축재의 인장응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

$\delta_m$  : 휨재의 휨응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

$f_t$  : 허용인장응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

$f_k$  : 허용좌굴응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

$f_m$  : 허용휨응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

A : 유효단면적 [cm<sup>2</sup>]

Z : 단면계수 [cm<sup>3</sup>]

(2) 인장재의 강도계산

① 인장력만 있는 경우

$$\delta_t = \frac{P}{A} \quad \frac{\delta_t}{f_t} \leq 1 \quad (13)$$

② 인장력과 휨모멘트가 동시에 작용하는 경우

$$\delta_t = \frac{P}{A} \quad \frac{\delta_t}{f_t} + \frac{\delta_m}{f_m} \leq 1 \quad (14)$$

$$\delta_m = \frac{M}{Z}$$

다만, 휨모멘트가 X축, Y축 양방향으로 작용하는 경우는

$$\delta_t = \frac{P}{A}$$

$$\delta_{mx} = \frac{M_x}{Z_x} \quad \frac{\delta_t}{f_t} + \frac{\delta_{mx} + \delta_{my}}{f_m} \leq 1 \quad (15)$$

$$\delta_{my} = \frac{M_y}{Z_y}$$

(3) 압축재의 강도계산

① 압축력만 있는 경우

$$\delta_c = \frac{P}{A} \quad \frac{\delta_c}{f_k} \leq 1 \quad (16)$$

② 압축력과 휨모멘트가 동시에 작용하는 경우

$$\delta_c = \frac{P}{A}$$

$$\frac{\delta_c}{f_k} + \frac{\delta_m}{f_m} \leq 1 \quad (17)$$

$$\delta_m = \frac{M}{Z}$$

다만, 휨모멘트가 X축, Y축 양방향으로 작용하는 경우는

$$\delta_c = \frac{P}{A}$$

$$\delta_{mx} = \frac{M_x}{Z_x} \quad \frac{\delta_c}{f_k} + \frac{\delta_{mx} + \delta_{my}}{f_m} \leq 1 \quad (18)$$

$$\delta_{my} = \frac{M_y}{Z_y}$$

(4) 지지물이 소요 강도를 만족하도록 설계하기 위해

- ① 재료에 대해서 허용응력도를 정해두어, 설계하중을 가했을 경우에 응력이 그 허용응력도를 넘지 않도록 부재의 크기를 결정하는 방법
- ② 설계하중에 어떤 배수(하중계수라 한다)를 곱한 하중을 가한 경우, 구조물로서 내용한계에 달하지 않는 범위의 부재구성을 하는 방법의 두 가지 방법을 생각할 수 있다. 단순한 하중의 경우는, 항복점강도를 안전율로 나눈 값을 허용응력도로서 행한 설계와, 안전율=하중계수로서 설계하중에 하중계수를 곱하고, 항복점강도에서 검토한 설계에서는 동일한 결과를 얻는다. 그러나, 하중에 따라서 안전율을 변경할 필요가 있는 경우, 거기다 그들의 하중이 동시에 가해질 가능성이 있는 경우는, 오히려 하중계수에 의하는 편이 설계하기 쉽다.

전차선로의 구조물에서는 그러한 복잡한 하중은 없는 것으로 하여, 허용응력법에 의해 응력을 검토하는 것으로 하고 있다.

동일부재와 다른 응력(압축응력과 휨응력 등)이 동시에 작용할 경우는, 각각의 응력을 각각의 허용응력으로 나눈 것을 더한 값이 1보다 작은 것을 조건으로 하고 있다. 이 경우, 1보다 작다면 아무리 작아도 괜찮다는 것이 되어, 문제가 남는다. 일반적으로는, 장래의 하중량을 고려하여 0.75~0.95 정도로 설계되는 경우가 많다.

### 3.2 강재류의 단면특성

강재류의 단면특성은, 「강재류」에 국한되어 왔지만, 강재류에 한하지 않고 일반적으로 단면특성으로서 이용할 수 있는 것이다. 그러나 전차선의 설계에 있어서, 강재류의 단면특성에 나타내는 단면을 사용하는 기회는 적어, 각형단면, 원형단면 등 특수한 것에 한한다.



강재류의 단면특성으로서는 오히려 다음표에 제기한 단면쪽이 이용빈도가 높을지도 모르지만, 강재류의 단면특성은 이른바 단면계산의 기본이 되므로, 활용하기 바란다. 하표의 식 중에서 이용되고 있는 기호중 S, C<sub>x</sub>, I<sub>x</sub>는 각각 구멍부분의 결손을 포함하지 않는 단면의 단면적(cm<sup>2</sup>), 하단에서 중심까지의 거리(cm), 단면2차 모멘트(cm<sup>4</sup>)이다.

표 9. 볼트구멍을 뚫은 경우의 강재류의 단면특성

단 면	단면적 A [cm <sup>2</sup> ]	중심위치 y <sub>o</sub> [cm]	단면2차모멘트 I <sub>x</sub> ' [cm <sup>4</sup> ]	회전 반경 I <sub>x</sub> ' [cm]	단면계수 $Z_{x1} = \frac{I_x'}{y_o}$ $Z_{x2} = \frac{I_x'}{a - y_o}$ [cm <sup>3</sup> ]
	$S - 2dt$	$e = \frac{g + t/2 - 2C_x}{S - 2dt} dt$ $y_o = C_x - e$	$I_x + S \cdot e^2 - \left\{ g^2 + (2y_o - 2g - t)y_o \right\} dt$ $+ \frac{1}{12} (d^2 + 4t^2)$	$\sqrt{\frac{I_x'}{A}}$	$Z_{x1} = \frac{I_x'}{y_o}$ $Z_{x2} = \frac{I_x'}{a - y_o}$
	$S - dt$	$e = \frac{g - C_x}{S - dt} dt$ $y_o = C_x - e$	$I_x + S \cdot e^2 - (g - y_o)^2 dt - \frac{d^3 t}{12}$	$\sqrt{\frac{I_x'}{A}}$	$Z_{x1} = \frac{I_x'}{y_o}$ $Z_{x2} = \frac{I_x'}{a - y_o}$
	$S - 2d(t_1 + t_2)$	$\frac{a}{2}$	$I_x - \frac{d}{2} \left\{ g^2 t_1 + t_2 (\alpha - t_2)^2 + \frac{1}{3} (d^2 t_1 + t_2^2) \right\}$	$\sqrt{\frac{I_x'}{A}}$	$Z_{x1} = Z_{x2} = \frac{2I_x'}{a}$
	$S - d(t_1 + t_2)$	$e = \frac{2g \cdot dt_1 + (\alpha - t_2) dt_2}{2a}$ $y_o = \frac{a}{2} - e$	$I_x + S \cdot e^2 - \frac{d}{4} \{ t_1 (t_1 + 2e)^2 + t_2 (a - t_2 + 2e)^2 + \frac{1}{3} (d^2 \cdot t_1 + t_2^2) \}$	$\sqrt{\frac{I_x'}{A}}$	$Z_{x1} = \frac{I_x'}{y_o}$ $Z_{x2} = \frac{I_x'}{a - y_o}$

※ 기타 강재류의 단면 특성은 “부록”편의 강재의 제정수를 참조하기 바람.

### 3.3 볼트의 강도계산

(1) 볼트의 강도계산은 <식 (15)>부터 <식 (21)>에 의한다.

이 경우 계산식 기호는 다음과 같다.

P : 외력 [N]

t : 판두께 [cm]

d : 볼트의 유효직경 [cm]

n : 볼트 수 [개]

F : 볼트1개의 허용지압력 또는 허용전단력 [N]

f<sub>p</sub> : 허용지압응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

f<sub>a</sub> : 허용전단응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

(2) 지압력의 계산

볼트1개의 허용지압력

$$F = f_p \cdot d \cdot t$$

$$P \leq n \cdot F$$



$$\therefore n \geq \frac{P}{F} \quad (15)$$

(3) 전단력의 계산

볼트1개의 허용전단력

$$F = f_a \cdot \frac{\pi d^2}{4} \quad (16)$$

① 1면전단의 경우

$$P \leq n \cdot F \quad \therefore n \geq \frac{P}{F} \quad (17)$$

② 2면전단의 경우

$$P \leq 2n \cdot F \quad \therefore n \geq \frac{P}{2F} \quad (18)$$

(4) 부재접속에 사용하는 볼트수의 계산

부재를 접속하는 경우는 그의 모재가 갖는 강도와 동일한 강도를 갖도록 볼트수를 선정한다.

(주)  $\delta$  : 부재가 받는 응력도

$A_e$  : 부재의 유효단면적

① 중첩접속의 경우

$$A_e \cdot \delta \leq n \cdot F \quad \therefore n \geq \frac{A_e \cdot \delta}{F} \quad (19)$$

② 맞대기 접속의 경우

$$\frac{n \cdot F}{2} \geq A_e \cdot \delta \quad \therefore n \geq \frac{2A_e \cdot \delta}{F} \quad (20)$$

(5) 외력과 휨모멘트를 동시에 받는 2열 볼트의 경우 볼트 수의 계산

$$\frac{P}{2n} + \frac{M}{n \cdot g} \leq F \quad n : 1열 볼트수$$

$$\therefore n \geq \frac{P}{2F} + \frac{M}{F \cdot g} \quad (21)$$

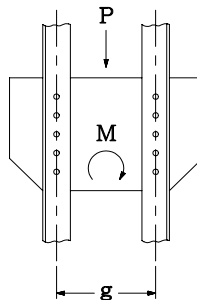


그림 7.



- (6) 볼트의 지압력이란, 그림과 같이 볼트 자체 또는 볼트 후방의 부재가 압溃(壓潰)하는 현상이다.

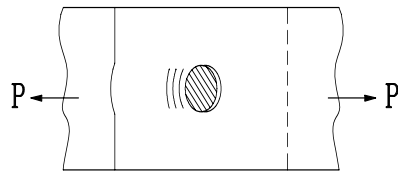


그림 8.

또한, 전단력의 계산에서, 1면 전단 또는 2면 전단이라는 표현은, 단전단 또는 복전단과 같은 의미로서, 다음 그림에 나타낸바와 같다.

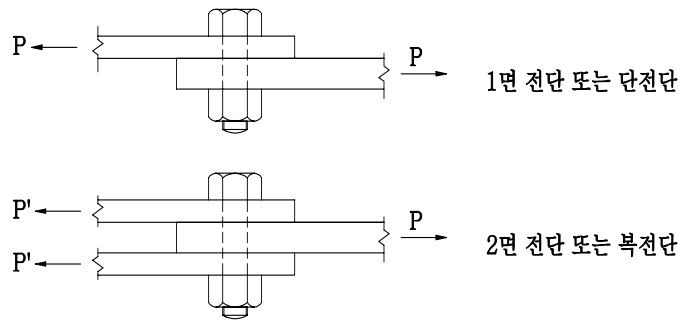


그림 9.

### 3.4 볼트의 허용전단력 및 허용지압력

볼트의 허용전단력 및 허용지압력은 부록을 참고하기 바라며 부록에서는 전단력이 축부에 가해질지 나사부에 가해질지에 대해 전단유효 단면적이 다르기 때문에 그것을 구분하였다.

#### [강관주 강도계산 예]

##### 1. 설계기준

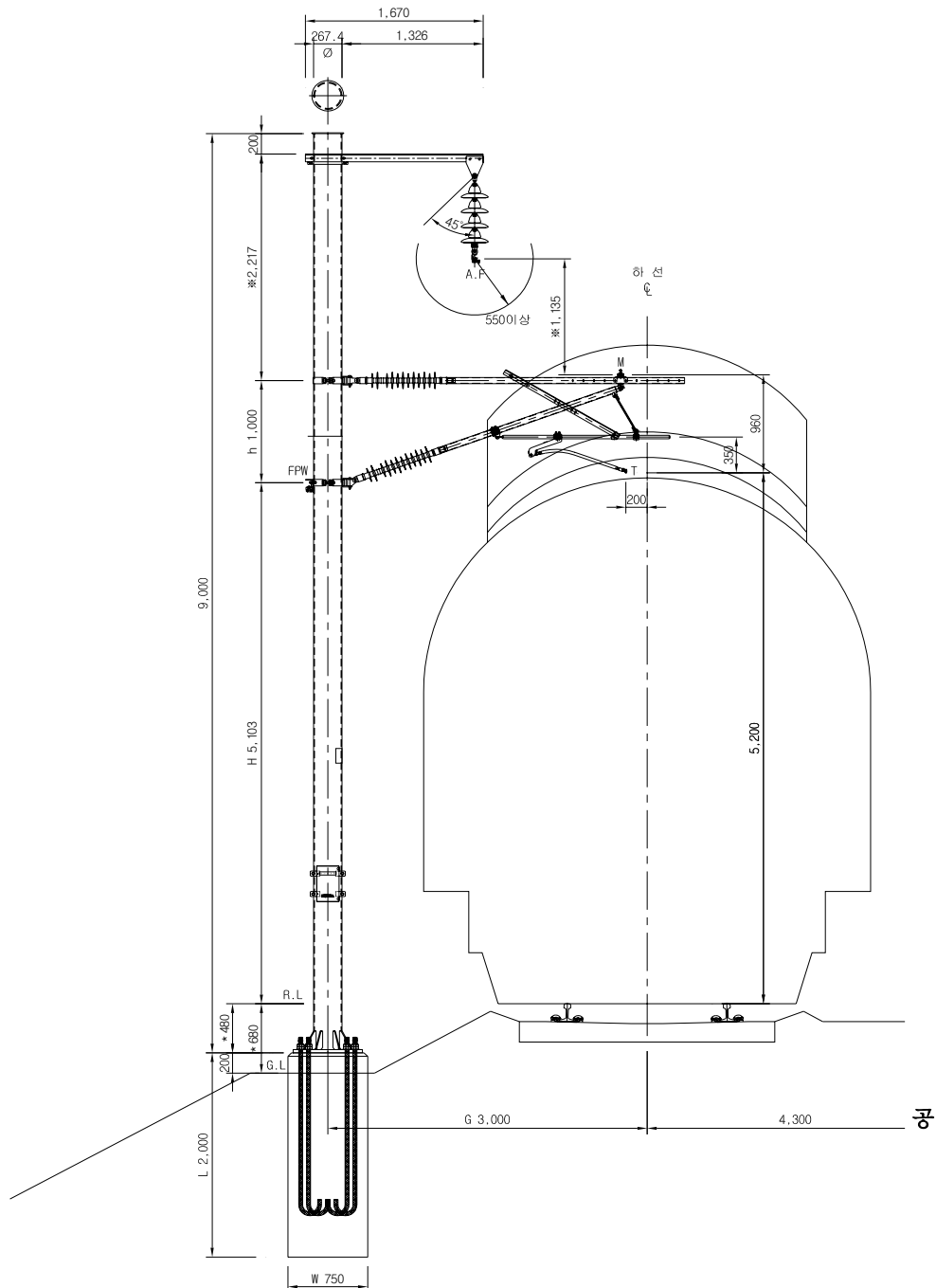
###### (1) 적용기온

- ① 최 고 : 40℃
- ② 최 저 : -25℃
- ③ 표 준 : 10℃

###### (2) 적용풍압

- ① 풍 압 : 35m/sec
- ② 갑종풍압하중 적용

표준장주도(토공구간)





### (3) 전차선로용 전선특성

종 별 재 질	전 차 선	조가선	급 전 선	비절연 보호선
	경동(Cu)	청동연선(Bz)	강심알루미늄 전선(ACSR)	강심알루미늄 전선(ACSR)
단면적 [mm <sup>2</sup> ]	110	65	240	93
계산 단면적	111.1	65.38	241.3	93.3
외 경 [mm]	12.34	10.5	22.4	12.5
반 경 [m]	0.00617	0.00525	0.0112	0.00625
구 성		37/1.5	30/3.2 7/3.2	12/2.5 7/2.5
질량 [kg/m]	0.9877	0.605	1.11	0.437
파괴강도 [N]	38,220	42,198	100,060	46,069
허용하중 [N]	17,375	16,875	40,020	18,424
표준장력 [N]	11,760	11,760	8,820	3,920
저항 20℃ [Ω/km]	0.1592	0.4474	0.120	0.452

### (4) 하중 및 Moment 적용 기준

- ① 수직하중 : 단위중량[N/m] × 전주경간[m] × 수량[조] = [N]
- ② 갑종풍압하중 : 전선의 지름[m] × 풍압하중[kgf/m<sup>2</sup>] × 전주경간[m] × 수량[조] = [N]
- ③ 횡장력 :  $P = \frac{ST}{R}$  [N]  
P : 곡선횡장력[N]                      S : 전주경간[m]  
R : 곡선반경[m]                      T : 전선의 장력[N]
- ④ Moment : 수직하중[N] × 거리[m] = [N · m]  
수평하중[N] × 높이[m] = [N · m]

## 2. 토공구간 강관주(단독주)

### (1) 조건

종 별	규 격	단위중량 [N]		단위면적 [㎡]	갑종풍압 [N/㎡]	표준장력 [N]	설치거리 [m]	설치높이 [m]
급 전 선	ACSR 240㎟	m	10.87	0.02205	745	8,820	1.36	7.78
비 절 연 보 호 선	ACSR 93㎟	m	4.28	0.0125	745	3,920	0.31	6.08
조 가 선	Bz 65㎟	m	5.93	0.0105	745	11,760	2.8	6.83
전 차 선	Cu 110㎟	m	9.68	0.01234	745	11,760	2.8	5.87
가동브래킷	G 3.0	본	588	－	－	－	$3.13 \times \frac{1}{2}$	－

종 별	규 격	단위중량 [N]		단위면적 [m <sup>2</sup> ]	갑종풍압 [N/m <sup>2</sup> ]	표준장력 [N]	설치거리 [m]	설치높이 [m]
현수애자	250 Φ	개	56	0.0185	1,039	-	1.36	8.76
급 전 선 완	L75×9×1.65m	본	161	-	-	-	$1.44 \times \frac{1}{2}$	-
보수요원	2인	인	1,176	-	-	-	2.8	-
전 주	강관주 P267.4×9t×9m	본	5,062	0.267	588	-	-	$9 \times \frac{1}{2}$
전 주	강관주 P318.5×9t×9m	본	6,059	0.318	588	-	-	$9 \times \frac{1}{2}$
전 주	강관주 P355.6×9t×9m	본	6,782	0.355	588	-	-	$9 \times \frac{1}{2}$

## (2) 수직하중

종 별	전 주 경 간	50m R 1000이상		40m R 500이상		30m R 300이상		20m R 200이상		비 고
	규 격	하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]	
급 전 선	ACSR 240mm <sup>2</sup>	542	737	433	588	325	442	216	294	
비 절 연 보 호 선	ACSR 93mm <sup>2</sup>	214	-66	171	-53	128	-39	85	-26	
조 가 선	Bz 65mm <sup>2</sup>	296	830	237	664	177	498	118	332	
전 차 선	Cu 110mm <sup>2</sup>	484	1,355	387	1,084	290	813	193	542	
가동브래킷	G 3.0	588	920	392	920	588	920	588	920	
현수애자	250 Φ	224	304	224	304	224	304	224	304	4개
급 전 선 완	L75×9×1.65m	161	115	161	115	161	115	161	115	
보수요원	2인	1,176	3,292	1,176	3,292	1,176	3,292	1,176	3,292	
강 관 주	P267.4×9m	5,062		5,062		5,062		5,062		
계		8,747	7,487	8,243	6,914	8,131	6,345	7,823	5,773	



### (3) 수평하중 (갑종풍압하중)

종 별	전주경간	50m R 1000이상		40m R 500이상		30m R 300이상		20m R 200이상		비 고
	규 격	하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]	
강 관 주	P267.4×9m	1,412	6,354	1,412	6,354	1,412	6,354	1412	6,354	모멘트는 주장½
급 전 선	ACSR 240mm <sup>2</sup>	821	6,390	657	5,112	492	3,834	328	2,556	
비 절 연 보 호 선	ACSR 93mm <sup>2</sup>	465	2,831	372	2,264	279	1,698	186	1,132	
조 가 선	Bz 65mm <sup>2</sup>	391	2,671	312	2,137	234	1,602	156	1,068	
전 차 선	Cu 110mm <sup>2</sup>	459	2,698	367	2,158	275	1,618	183	1,079	
현수애자	250 Φ	76	673	76	673	76	673	76	673	4개
계		3,624	21,617	3,196	18,698	2,768	15,779	2,341	12,862	

### (4) 수평하중 (횡장력)

$$P = \frac{ST}{R}$$

종 별	전주경간	50m R 1000이상		40m R 500이상		30m R 300이상		20m R 200이상		비 고
	규 격	하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]	
급 전 선	ACSR 240mm <sup>2</sup>	441	3,430	705	5,489	882	6,861	882	6,861	
비 절 연 보 호 선	ACSR 93mm <sup>2</sup>	196	1,191	313	1,906	392	2,383	392	2,383	
조 가 선	Bz 65mm <sup>2</sup>	588	4,016	940	6,425	1,176	8,032	1,176	8,032	
전 차 선	Cu 110mm <sup>2</sup>	588	3,451	940	5,517	1,176	6,903	1,176	6,903	
계		1,813	12,088	2,898	19,337	3,626	24,179	3,626	24,179	

### (5) 인류에 의한 평행개소 횡장력(평행틀 사용시 수평하중)

P : 횡장력 [N]

T : 장력 [N]

d : 편위 [m]

q : 궤도 중심으로부터 인류주 중심까지의 거리 [m]

$$P = \frac{(d \pm g)T}{S}$$

$$P_{50} = \frac{(0.2 + 3.0)23,520}{50} = 1,505 [N] \quad M = 1,505 \times 6.35 = 9,556 [N \cdot m]$$

$$P_{40} = \frac{(0.2 + 3.0)23,520}{40} = 1,881 [N] \quad M = 1,881 \times 6.35 = 11,944 [N \cdot m]$$

$$P_{30} = \frac{(0.2 + 3.0)23,520}{30} = 2,508 [N] \quad M = 2,508 \times 6.35 = 15,925 [N \cdot m]$$

$$P_{20} = \frac{(0.2 + 3.0)23,520}{20} = 3,763 [N] \quad M = 3,763 \times 6.35 = 23,895 [N \cdot m]$$

#### (6) 합성모멘트

전주경간	일 반 개 소					평 행 개 소 (평행틀 사용)				
	전합성 모멘트 [N · cm]	수직하중		수평하중		전합성 모멘트 [N · cm]	수직하중		수평하중	
		하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]		하중 [N]	모멘트 [N · m]	하중 [N]	모멘트 [N · m]
50m R1,000이상	4,119,200	8,747	7,487	5,437	33,705	5,074,800	8,747	7,487	6,942	43,261
40m R 500이상	4,494,900	8,243	6,914	6,094	38,035	5,689,300	8,243	6,914	7,975	49,979
30m R 300이상	4,630,300	8,131	6,345	6,394	39,958	6,222,800	8,131	6,345	8,902	55,883
20m R 200이상	4,281,400	7,823	5,773	5,967	37,041	6,670,900	7,823	5,773	9,730	60,936

#### (7) 강재의 단면특성

강 재	단면적 A [cm <sup>2</sup> ]	강축단면계수 Zx [cm <sup>3</sup> ]	약축단면계수 Zy [cm <sup>3</sup> ]	강 종	항복강도 Fy [N/cm <sup>2</sup> ]
P267.4×9t	73.06	457	457	SM 490	32,340
P318.5×9t	87.51	659	659	SM 490	32,340
P355.6×9t	98.00	828	828	SM 490	32,340
강 재	단위무게	단면 2차 모멘트		단면 2차 반지름	
	[kg/m]	ix [cm <sup>4</sup> ]	iy [cm <sup>4</sup> ]	ix [cm]	iy [cm]
P267.4×9t	57.4	6,110	6,110	9.14	9.14
P318.5×9t	68.7	10,500	10,500	10.9	10.9
P355.6×9t	76.9	14,700	14,700	12.3	12.3



(8) 전주의 강도 검증(P267.4×9t×9m)

① 허용응력

가. 허용 인장 응력(ft)

$$f_t = \frac{F_y}{1.5} = \frac{32,340}{1.5} = 21,560 [N/cm^2]$$

나. 허용 압축응력(fc)

좌굴계수 :  $K_x = 2.00$     $K_y = 2.00$     $L=900[cm]$  전주주장

$$\text{세 장 비 : } \lambda_x = \frac{L \cdot K_x}{i_x} = \frac{900 \times 2}{9.14} = 196.9$$

$$\lambda_y = \frac{L \cdot K_y}{i_y} = \frac{900 \times 2}{9.14} = 196.9$$

∴ 세장비  $\lambda = 196.9$    한계세장비  $\lambda_p = 102.31$

$$f_c = 0.277 \times F_y / (\lambda / \lambda_p)^2$$

$$= 0.277 \times 32,340 / (196.9 / 102.31)^2 = 2,418 [N/cm^2]$$

다. 허용 휨응력(fb)

$$f_b = f_t = 21,560 [N/cm^2]$$

② 강도검증 결과

M : 합성모멘트      P : 압축력(수직하중)

$$\frac{M}{Z \cdot f_b} + \frac{P}{A \cdot f_c} < 1, \quad \frac{M}{457 \times 21,560} + \frac{P}{73.06 \times 2,418} < 1$$

구분	전 주 경 간	합성모멘트 (M)[N.cm]	수직하중 (P)[N]	$\frac{M}{Z \cdot f_b}$	$\frac{P}{A \cdot f_c}$	계	적합여부
일반 개소	50m R1000이상	4,119,200	8,747	0.418	0.049	0.467	적 합
	40m R500이상	4,494,900	8,243	0.456	0.046	0.502	적 합
	30m R300이상	4,630,300	8,131	0.469	0.046	0.515	적 합
	20m R200이상	4,281,400	7,823	0.434	0.044	0.478	적 합
평행 개소	50m R1000이상	5,074,800	8,747	0.515	0.049	0.564	적 합
	40m R500이상	5,689,300	8,243	0.577	0.046	0.623	적 합
	30m R300이상	6,222,800	8,131	0.631	0.046	0.677	적 합
	20m R200이상	6,670,900	7,823	0.677	0.044	0.721	적 합



#### 4. H형강주 및 I형강주의 강도계산

H형강 또는 I형강의 단일재를 사용하는 철주의 강도계산은 「3항 단일재의 강도계산」에 준한다.

다만, 비틀림 강성이 적은 단독주나 빔에 X축의 단면 2차 모멘트와 Y축의 단면2차 모멘트와의 사이에 극단의 차이가 있는 부재를 사용하는 경우에는 <식 (22)>부터 <식 (23)>에 의해 횡도좌굴에 대한 안전을 확인한다.

(1) 수평하중만이 가해진 경우의 횡도좌굴의 계산

$$P_k = \frac{m\sqrt{(E \cdot I_y)(G \cdot I_p)}}{\ell^2}$$

$$P_a = \frac{P_k}{F} \quad (22)$$

$$F = \frac{\delta_r}{\delta_a}$$

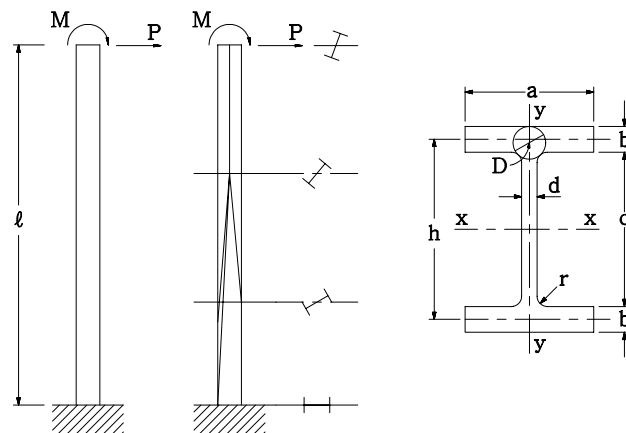


그림 10. H형강주의 횡도좌굴

$P_k$  : 횡도를 생기게 하는 한계하중 [N]

$P_a$  : 한계하중  $P_k$ 에 대한 허용하중 [N]

$F$  : 안전율

$$m \approx 4.01 + 11.7 \sqrt{\frac{I_f \cdot E \cdot h^2}{2I_p \cdot G \cdot \ell^2}}$$

$I_y$  : y축에 관한 전단면의 단면2차모멘트 [ $\text{cm}^4$ ]

$I_f$  : y축에 관한 편축플렌지 단면2차모멘트 [ $\text{cm}^4$ ]

$$I_p = 2I_{p1} + I_{p2} + 2\alpha \cdot D^4$$

$$I_{p1} = a \cdot b^3 \frac{1}{3} - 0.21 \frac{b}{a} \left(1 - \frac{b^4}{12a^4}\right)$$

$$I_{p2} = \frac{1}{3} cd^3$$

$$a = \frac{d}{b} (0.15 + 0.1 \frac{r}{b}) \quad \text{다만, } d < b \text{ 로 한다.}$$

$$D = b + \frac{(d+2r)^2}{4(b+2r)}$$

E : 탄성계수

G : 전단탄성계수

$\delta_r$  : 항복점강도 [N/cm<sup>2</sup>]

$\delta_a$  : 허용응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

(2) 휨모멘트만 가해진 경우의 횡도좌굴계산

$$M_k \doteq \frac{\pi \sqrt{(E \cdot I_y) \cdot (G \cdot I_p)}}{2 \ell} \sqrt{1 + \pi^2 \frac{I_f \cdot E h^2}{8 I_p \cdot G \cdot \ell^2}}$$

$$M_a = \frac{M_k}{F} \quad (23)$$

$M_k$  : 한계 휨모멘트 [N · cm]

$M_a$  : 허용 휨모멘트 [N · cm]

(3) 수평하중과 휨모멘트가 동시에 가해진 경우의 횡도좌굴의 계산

$$\frac{M_k}{M_a} + \frac{P_k}{P_a} \leq 1 \quad (24)$$

(4) 횡도좌굴의 계산 예

H형강 등의 단면2차 모멘트가 큰 쪽의 축에 대해 하중을 가해가면, 전주는 돌연하중방향과 직각으로 비틀리면서 쓰러진다고 전해진다. 이것을 횡도좌굴 또는 간단하게 횡좌굴이라 하고 있다.

횡도좌굴은 아래와 같은 단독주의 경우만이 아니라, 빔의 경우와 같이 양단이 지지되어 있더라도, 중앙부근에서 횡도좌굴이 생긴다. 따라서 x축의 단면2차 모멘트와 y축의 단면2차 모멘트와의 사이에 현격한 차이가 있는 경우는, 전주, 빔 모두 횡도좌굴을 검토할 필요가 있다.

### [계산 예1]

H형강 300×200에 대해,  $\ell=10\text{m}$  일 때의 허용하중 Pa를 구해보자.

부록에서

$$a = 200[\text{mm}] = 20 [\text{cm}]$$

$$b = 12[\text{mm}] = 1.2 [\text{cm}]$$

$$c = 294 - 12 \times 2 = 270[\text{mm}] = 27 [\text{cm}]$$

$$d = 8[\text{mm}] = 0.8 [\text{cm}]$$

$$r = 18[\text{mm}] = 1.8 [\text{cm}]$$

$$h = 294 - 12 = 282[\text{mm}] = 28.2$$

$$D = 12 + \frac{(8 + 2 \times 18)^2}{4 \times (12 + 2 \times 18)} = 22[\text{mm}] = 2.2 [\text{cm}]$$

$$\therefore a = \frac{0.8}{1.2} \times \left( 0.15 + 0.1 \times \frac{1.8}{1.2} \right) \approx 0.2$$

$$\begin{aligned} I_{p1} &= 20 \times 1.2^3 \times \left\{ \frac{1}{3} - 0.21 \times \frac{1.2}{20} \times \left( 1 - \frac{1.2^4}{12 \times 20^4} \right) \right\} \\ &= 11.085 [\text{cm}^4] \end{aligned}$$

$$I_{p2} = \frac{1}{3} \times 27 \times 0.8^3 = 4.608 [\text{cm}^4]$$

$$\therefore I_p = 2 \times 11.085 + 4.608 + 2 \times 0.2 \times 2.2^4 = 36.148 [\text{cm}^4]$$

부록에서

$$I_y = 1,600 [\text{cm}^4]$$

$$I_f \approx \frac{a^3 b}{12} = \frac{20^3 \times 1.2}{12} = 800 [\text{cm}^4]$$

$$\begin{aligned} m &\approx 4.01 + 11.7 \times \sqrt{\frac{800 \times 2,100,000 \times 28.2^2}{2 \times 36.148 \times 810,000 \times 1,000^2}} \\ &\approx 5.777 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_K &= \frac{5.777 \times \sqrt{2,100,000 \times 1,600 \times 810,000 \times 36.148}}{1,000^2} \times 9.8 \\ &= 17,845 [\text{N}] \end{aligned}$$

$$F = \frac{2,500}{1,650} = 1.515$$

$$\therefore P_a = \frac{17,845}{1.515} = 11,778 [\text{N}]$$

이것을 해설 「단일재의 강도계산」에 따라 풀면, 이 경우 수직력  $N=0$ 이다.

그러므로

$$\frac{\sigma_m}{f_m} < 1$$

$$\sigma_m = \frac{M}{Z} = \frac{P_a \cdot \ell}{Z}$$

에서  $P_a$ 를 구하면

$$P_a = \frac{f_m Z}{\ell}$$

강재의 허용응력도에서  $f_m = 16,170 [\text{N}/\text{cm}^2]$ ,  $Z = 771 [\text{cm}^3]$

$$\therefore P_a = 16,170 \times \frac{771}{1,000} = 12,467 [\text{N}]$$

이상의 계산결과에서  $300 \times 200$  H형강을 단순히 계산하면 10m의 위치에 12.46[kN]의 수평하중이 가해지지만, 횡도좌굴을 고려하면 11.77[kN] 밖에 가해질 수 없다는 것을 알 수 있다. 계산 예에서는 중폭계열의 H형강에 따랐지만, 세폭계열인 것은 이 차이가 다시 커지므로 주의해야 한다.

#### [계산 예2]

[그림 10]에서 화살표 위치에 하중이 가해지는 것으로서, H형강의 세폭  $250 \times 125$ 에 대해 계산해 보자.

부록에서

$$a = 12.5 [\text{cm}]$$

$$b = 0.9 [\text{cm}]$$

$$c = 25 - 0.9 \times 2 = 23.2 [\text{cm}]$$

$$d = 0.6 [\text{cm}]$$

$$r = 1.2 [\text{cm}]$$

$$h = 25 - 0.9 = 24.1 [\text{cm}]$$

$$I_y = 294 [\text{cm}^4]$$

$$\therefore a = \frac{0.6}{0.9} \times \left( 0.15 + 0.1 \times \frac{1.2}{0.9} \right) \approx 0.19$$

$$D = 0.9 + \frac{(0.6 + 2 \times 1.2)^2}{4 \times (0.9 + 2 \times 1.2)} \approx 1.6 [\text{cm}]$$

$$\begin{aligned} I_{P1} &= 12.5 \times 0.3 \times \left\{ \frac{1}{3} - 0.21 \times \frac{0.9}{12.5} \times \left( 1 - \frac{0.9^4}{12 \times 12.5^4} \right) \right\} \\ &= 2.900 [\text{cm}^4] \end{aligned}$$

$$I_{p2} = \frac{1}{3} \times 23.2 \times 0.6^3 = 1.670 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$\therefore I_p = 2 \times 2.9 + 1.67 + 2 \times 0.19 \times 1.6^4 = 9.960 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$I_f \doteq \frac{12.5^3 \times 0.9}{12} = 146.484 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$m \doteq 4.01 + 11.7 \times \sqrt{\frac{146.484 \times 21 \times 10^5 \times 24.1^2}{2 \times 9.96 \times 81 \times 10^4 \times 700^2}}$$

$$\doteq 5.769$$

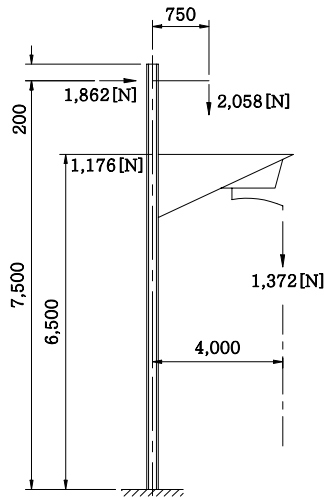


그림 11.

여기서,  $\ell = \frac{750 + 650}{2} = 700 \text{ [cm]}$ 로 하였다.

$$P_K = \frac{5.769 \times \sqrt{(21 \times 10^5 \times 294) \times (81 \times 10^4 \times 9.96)}}{700^2} \times 9.8 \doteq 8,143 \text{ [N]}$$

$$\therefore P_a = \frac{8,143}{1.515} \doteq 5,374 \text{ [N]}$$

마찬가지로

$$M_K = 3.1415 \times \frac{\sqrt{(21 \times 10^5 \times 294) \times (81 \times 10^4 \times 9.96)}}{2 \times 700}$$

$$\times \sqrt{1 + 3.1415^2 \times \frac{146.484 \times 21 \times 10^5 \times 24.1^2}{8 \times 9.96 \times 81 \times 10^4 \times 700^2}} \times 9.8$$

$$\doteq 1,594,675 \text{ [N} \cdot \text{cm]} \doteq 15,946 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

$$\therefore M_a = \frac{15,946}{1.515} = 10,525 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

외력에 의한 휨 모멘트 M은

$$M = 2,058 \times 0.75 + 1,372 \times 4 = 7,031 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

$$\therefore \frac{7,031}{10,525} + \frac{1,862 + 1,176}{5,374} \approx 1.23 > 1$$

이식에서 좌변의 제1항만으로는

$$\frac{7,031}{10,525} = 0.67 < 1$$

이므로, 외력에 의한 휨모멘트만으로는 충분한 여유가 있다. 또한, 제2항을 보면

$$\frac{1,862 + 1,176}{5,374} = 0.57 < 1$$

역시 여유는 있으나, 양자가 동시에 가해지면 횡도좌굴에 대해서는 허용하중을 넘고 있다.

이것을 인장력과 휨모멘트가 동시에 작용하는 식으로 풀면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} M &= 2,058 \times 0.75 + 1,372 \times 4 + 1,862 \times 7.5 + 1,176 + 6.5 \\ &= 28,640 \text{ [N} \cdot \text{m]} \end{aligned}$$

H형강의 단면적A, 단위중량W, 최소회전반경 $r_y$  및 하중방향의 단면계수 $Z_x$ 는, 부표제18에서

$$A = 37.66 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$W = 290 \text{ [N/m]}$$

$$r_y = 2.79 \text{ [cm]}$$

$$Z_x = 324 \text{ [cm}^3\text{]}$$

압축력 N은

$$N = 2,058 + 1,372 + 290 \times 7.7 \approx 5,663 \text{ [N]}$$

$$\therefore \frac{M}{Z_x} = \frac{28,640,000}{324} = 8,839 \text{ [N/cm}^2\text{]}$$

$$\frac{N}{A} = \frac{5,663}{37.66} = 150 \text{ [N/cm}^2\text{]}$$

또한, 허용좌굴응력도  $f_K$ 는

$$\ell/r_y = 750 \times 2 / 2.79 = 537.6$$

$$f_K = \frac{9,310}{5.376^2} = 322 \text{ [N/cm}^2\text{]}$$

$$\therefore \frac{\sigma_c}{f_K} + \frac{\sigma_m}{f_m} = \frac{150}{322} + \frac{8,839}{16,170} \approx 1.00$$

가 되어 허용한도에 빠듯한 하중이 되기 때문에, 단일재의 계산식만으로는 안전하지 못하다는 것을 알 수 있다.

(5) 횡도좌굴 계산상의 문제점

이상과 같이 비교적 간단한 계산에 의해 횡도좌굴의 체크를 했으나, 사실은 이 계산은 근사계산이므로, 다음과 같은 문제점이 있다.

- ① MK의 계산식은, 양단단순지지보의 계산식에서  $L=2\ell$ 로 한 것인데,  $L=2\ell$ 로 했을 경우, 이 식이 어느 정도 맞는지 불명확하다.
- ② 안전율을  $\sigma_r/\sigma_a$ 로 하고 있으나, 이것으로 좋은지 어떤지 명확하지 않다.
- ③ 하중M과 P가 동시에 가해질 경우의 계산식이 없으므로, 근사적으로 해설 <식(24)>으로 하였다. 이 계산식은 안전측의 결과가 나온다고 하지만, 어느 정도 안전측에 있는지는 분명치 않다.
- ④ 횡도좌굴의 계산에서는, y축방향의 하중과 축방향력(수직하중)을 무시하고 있지만, 그 영향에 대해서 분명치 않다.

(6) 횡도좌굴 계산의 범위

계산 예에서도 밝힌바와 같이, H형강에서는 중폭, 세폭인 것에 대해서는 일단 횡도좌굴의 체크를 할 필요가 있다. 또한, I형강은 모두 횡도좌굴을 체크 해두는 편이 낫다. 광폭의 H형강주에서도 길이가 10m를 넘는 경우는 체크할 필요가 있다. 다만, 문형 등의 주로서 비틀림이 생기지 않는 구조로 사용할 경우는, 그럴 필요는 없다.



## 5. 조합철주의 강도계산

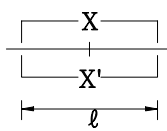
### 5.1 조합철주의 단면특성

조합철주 단면특성의 계산은 <식 (25), (26)>에 의하고 조합철주의 단면성능은 <표 10> 조합철주의 단면성능표를 참조한다.

<표 10>은 각종 주주재 조합철주의 단면특성을 표시한다.

표 10. 조합철주 단면성능표

#### ① 사각주



I 는, X-X'축에 대한 단면2차 모멘트로 한다.

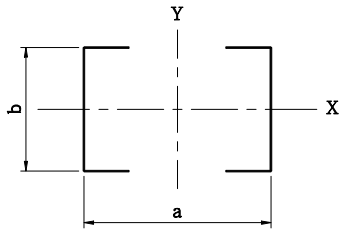
( $\ell$  : 주재간격[mm], I : 단면2차모멘트[cm<sup>4</sup>], Z : 단면계수[cm<sup>3</sup>], R : 회전반경[cm])

주재종별 [mm]	단면 적 [cm <sup>2</sup> ]	중량 [kg/ m]	$\ell$	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
65×65×8	39.0	30.6	I	6,868	9,673	12,966	16,748	21,017	25,775	31,020	36,754	42,975	49,685
			Z	457	552	648	744	840	937	1,034	1,130	1,227	1,324
			R	13.3	5.7	18.2	20.7	23.2	25.7	28.2	30.7	33.2	35.7
75×75×9	50.8	39.8	I	8,613	12,186	16,394	21,237	26,714	32,825	39,571	46,952	56,967	63,616
			Z	574	686	819	943	1,068	1,193	1,319	1,444	1,570	1,696
			R	13.0	5.5	18.0	20.5	22.9	25.4	27.9	30.4	32.9	35.4
90×90×10	68.0	53.2	I			21,135	27,482	34,680	42,728	51,626	61,734	71,971	83,419
			Z			1,056	1,221	1,387	1,553	1,720	1,888	2,056	2,224
			R			17.6	20.1	22.6	25.1	27.6	30.0	32.5	35.0
100×100×10	76.0	59.6	I			23,105	30,105	38,054	46,954	56,803	67,603	79,353	92,052
			Z			1,155	1,338	1,522	1,707	1,893	2,080	2,267	2,454
			R			17.4	19.9	22.4	24.9	27.5	29.8	32.3	34.8
130×130×12	119.0	93.6	I					56,180	39,637	84,582	101,016	118,937	138,347
			Z					2,247	2,532	2,819	3,108	3,398	3,689
			R					21.7	24.2	26.7	29.1	31.6	34.1
150×150×12	139.1	109.2	I					63,479	78,854	95,968	114,820	135,411	157,740
			Z					2,539	2,867	3,198	3,532	3,868	4,206
			R					21.4	23.8	26.3	28.7	31.2	33.7



주재종별 [mm]	단면 적 [cm <sup>2</sup> ]	중량 [kg/ m]	$\ell$	800	850	900	950	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500
65×65×8	39.0	30.6	I Z R	56,883 1,422 38.2	64,569 1,519 40.7	72,743 1,616 43.2							
75×75×9	50.8	39.8	I Z R	72,900 1,822 37.9	82,819 1,948 40.4	93,372 3,074 42.9							
90×90×10	68.0	53.2	I Z R	95,717 2,392 37.5	108,865 2,561 40.0	122,863 2,730 42.5	137,710 2,899 45.0	153,408 3,068 47.5					
100×100×10	76.0	59.6	I Z R	105,702 2,642 37.3	120,301 2,830 39.8	135,851 3,018 42.3	132,351 3,207 44.8	169,800 3,396 47.3					
130×130×12	119.0	93.6	I Z R	159,244 3,981 36.6	181,630 4,273 39.1	205,503 4,566 41.5	230,865 4,860 44.0	257,714 5,154 46.5	315,877 5,743 51.5	379,992 6,333 56.5	450,059 6,924 61.5		
150×150×12	139.1	109.2	I Z R	181,508 4,545 36.2	207,614 4,885 38.6	235,159 5,225 41.1	264,442 5,567 43.6	295,464 5,909 46.1	362,723 6,595 51.1	436,936 7,282 56.1	518,103 7,970 61.0	606,225 8,660 66.0	701,300 9,350 71.0

## ② ㄷ형강(채널)주



a : 주재간격[mm]

b : 주재의 폭[mm]

I : 관성 모멘트 [cm<sup>4</sup>]

Z : 단면계수[cm<sup>3</sup>]

R : 회전반경[cm]

주재의 종류	단면적 [cm <sup>2</sup> ]	중량 [kg/m]	a	300 [mm]	400 [mm]	500 [mm]	800 [mm]	1000 [mm]	1200 [mm]	1400 [mm]
b ↓ □150×75×6.5	47.42	37.2	I <sub>x</sub>	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728	1,728
			I <sub>y</sub>	7,880	15,083	24,658	67,600	108,093	158,064	217,519
			Z <sub>x</sub>	230	230	230	230	230	230	230
			Z <sub>y</sub>	518	754	986	1,690	2,162	2,634	3,107
			R <sub>x</sub>	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
			R <sub>y</sub>	12.8	17.8	22.8	37.8	47.7	57.7	67.7
b ↓ □200×80×7.5	62.66	49.2	I <sub>x</sub>	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900	3,900
			I <sub>y</sub>	10,556	20,118	32,813	89,696	143,283	209,401	288,052
			Z <sub>x</sub>	390	390	390	390	390	390	390
			Z <sub>y</sub>	704	1,006	1,313	2,242	2,866	3,490	4,115
			R <sub>x</sub>	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
			R <sub>y</sub>	13.0	17.9	22.9	37.8	47.8	57.8	67.8
b ↓ □200×90×8.5	7.30	60.6	I <sub>x</sub>	4,980	4,980	4,980	4,980	4,980	4,980	4,980
			I <sub>y</sub>	12,134	23,520	38,776	107,715	173,003	253,751	349,958
			Z <sub>x</sub>	498	498	498	498	498	498	498
			Z <sub>y</sub>	809	1,176	1,551	2,693	3,460	4,229	4,999
			R <sub>x</sub>	8.0	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
			R <sub>y</sub>	12.5	17.4	22.4	37.3	47.3	57.2	67.3



그림 12.

「가.」의 경우 ----- (25)      「나.」의 경우 ----- (26)

$$I_x = 2I_x'$$

$$I_y = 2(I_y' + A\ell^2)$$

$$Z_x = \frac{2I_x}{b}$$

$$Z_y = \frac{2I_y}{a}$$

$$R_x = \sqrt{\frac{I_x}{2A}}$$

$$R_y = \sqrt{\frac{I_y}{2A}}$$

$$I_x = 4(I_x' + A\ell_x^2)$$

$$I_y = 4(I_y' + A\ell_y^2)$$

$$Z_x = \frac{2I_x}{b}$$

$$Z_y = \frac{2I_y}{a}$$

$$R_x = \sqrt{\frac{I_x}{4A}}$$

$$R_y = \sqrt{\frac{I_y}{4A}}$$

$I_x, I_y$  : 각 전주의 X축과 Y축에 관한 단면2차모멘트 [ $\text{cm}^4$ ]

$Z_x, Z_y$  : 각 전주의 X축과 Y축에 관한 단면계수 [ $\text{cm}$ ]

$R_x, R_y$  : 각 전주의 X축과 Y축에 관한 회전반경 [ $\text{cm}$ ]

$I_x', I_y'$  : 부재단면의 중심을 통한 X'Y'축에 관한 단면2차모멘트 [ $\text{cm}^4$ ]

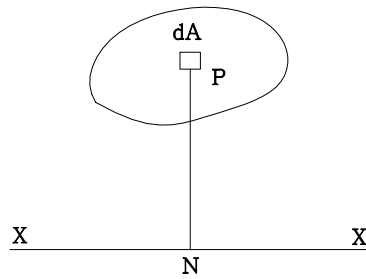
$\ell, \ell_y, \ell_x$  : YY'축, XX'축의 거리

#### 5.1.1 단면 2차 모멘트

어떤 평면도형과 임의의 축이 있다고 하자. 그 도형내의 일점 P에 미소면적  $dA$ 를 취하고, 거기서 축에 수선PN을 내릴 때, 면적에서 축으로부터의 거리의 2승을 곱한  $dA \times \overline{(PN)}^2$ 을 그 미소면적의 2차 모멘트라 하며, 이러한 것을 도형전체에 대하여 취하며, 합쳐 더한 것을 그도형의 그 축에 대한 「단면 2차 모멘트」라 한다.

또한, 관성모멘트 라고도 하고, 어느쪽을 사용하더라도 상관없지만, 이 기준에서는 단면 2차 모멘트로 통일하는 것으로 하였다.

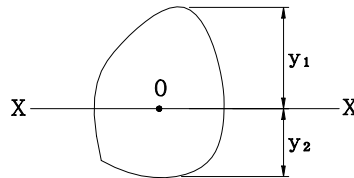
$$I_x = dA_1 \cdot y_1^2 + dA_2 \cdot y_2^2 + \cdots + dA_n \cdot y_n^2 = \sum_{i=1}^n dA_i \cdot y_i^2$$



### 5.1.2 단면계수

어떤 평면도형의 중심 0을 지나는 축에 대한 단면 2차 모멘트를 그 축에서, 위쪽의 가장자리 또는 아래쪽의 가장자리까지의 거리  $y_1$ ,  $y_2$ 로 나눈 값을 「단면계수」라 한다.

$$Z_{x1} = \frac{I_x}{y_1} \quad Z_{x2} = \frac{I_x}{y_2}$$



### 5.1.3 회전반경

어떤 평면도형의 중심 0을 지나는 축에 대한 단면 2차 모멘트를 그 도형의 단면적으로 나눈것의 평방근의 값을 「회전반경」이라 한다.

$$R_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

## 5.2 조합철주의 강도계산

조합철주는 철주전체가 완전히 일체가 되어 작용하는 강성조합주로서 다음과 같이 계산한다. 다만, 특수한 철주로서 필요가 있는 경우는, 트러스 구조로 계산한다.

### 5.2.1 세장비 $\ell/r$ 를 구하는 법

- (1) 사재의 좌굴장  $\ell$ 은 각 점점간 거리로 하고,  $r$ 은 최소회전반경으로 한다.  
다만, 복사재의 좌굴장  $\ell$ 은 단사재의 0.7배로 한다.
- (2) 일방의 변위에 대하여 구속된 압축재에서는,  $\ell$ 은 점점간 또는 입체적 지지점간의 길이 전장을 취하는 것으로 하고,  $r$ 은 지지방향의 직각방향을 취한다. 이 경우에, 절점이 없는 입체적 지지점과 중간 일방향 지지점간의 길이  $\ell'$  및 최소회전반경  $r_{min}$ 에 의해 세장비가 크게 되는 경우는 이것에 의한다.

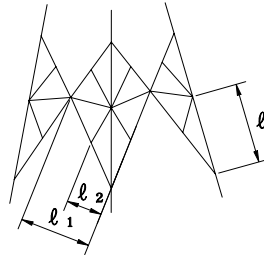
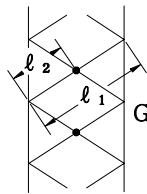


그림 13.

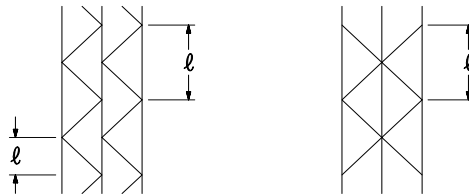


그림 14.

### (3) 세장비에 대한 주의

세장비가 커짐에 따라서 허용좌굴 응력도는 작아지지만, 계산상은 아무리 세장비가 큰 재료를 사용하더라도 지장이 없는 것이나, 세장비가 매우 커지면, 취급 과정에서 변형이 생기기 쉬우므로, 그 최댓값은 250으로 정해져 있다.

또한, 실재는 사재 등의 2차적 부재를 빼고, 주주재는 될 수 있는 한 150정도 이하로 정리하는 것이 바람직하다.

#### 5.2.2 조립압축재의 유효세장비

5.2.1항은 절점간의 부재에 대해 검토할 경우의 세장비를 잡는법으로, 전주에 극소 단면인 것을 사용할 경우는, 전주전체의 좌굴을 검토할 필요가 있다. 철주와 같이 2개이상의 부재에 의해 조립되어 있는 경우는, 중복이 아닌 축에 대한 좌굴하중은 조립압축재로서 전단변형의 영향으로, 양현재가 일체가 되어 작용하는 경우보다 작아지므로 조립압축재의 중복이 아닌 축에 대해 검토할 경우는, 그 세장비를 해설 <식 (27)>에 따라 할증하여 산정한다.

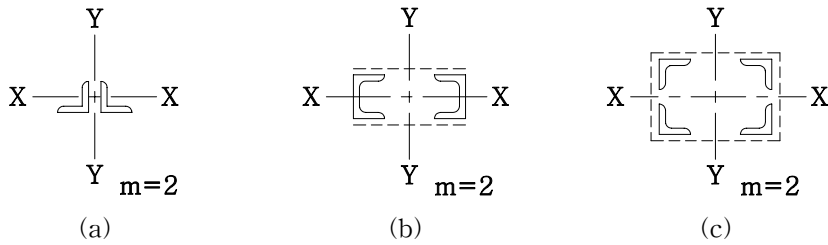


그림 15.

- (1) 중복축에 관한 좌굴 「그림(a)(b)(c)의 축주위의 좌굴」에 대한 세장비는 단일압축재와 같은 방법으로 계산한다.
- (2) 중복이 없는 축에 관한 좌굴 「그림(a)(b)에서는 Y-Y축, (c)에서는 X-X, Y-Y축 주위의 좌굴」에 대한 세장비는 다음 식에 의해 유효세장비를 계산하고, 이것에 따라 허용좌굴응력도를 구한다.

$$\lambda_{ye} = \sqrt{\lambda + \frac{m}{2} \lambda_1^2 y^2} \quad (27)$$

다만,  $\lambda_1$ 은 50 이하로 하고,  $\lambda_1 \leq 20$ 일때는  $\lambda_{ye} = \lambda_y$ 로 하여도 좋다.

$\lambda_{ye}$  : 조립압축재의 유효세장비

$\lambda_y$  : 각소재가 일체가 되어 작용하는 것으로 간주할 때 중복이 아닌 축에 관한 세장비

$m$  : 묶음재에서 발체한 소재 또는 소재군의 수

$\lambda_1$  : 소재의 세장비 — 조립압축재의 형식에 따라 아래 식에 의해 구한다.

① 끼움판, 대판형식의 경우

$$\lambda_1 = \frac{\ell_1}{r_1} \quad \begin{array}{l} \ell_1 : \text{좌굴장 [cm]} \\ r_1 : \text{소재의 최소회전반경 [cm]} \end{array}$$

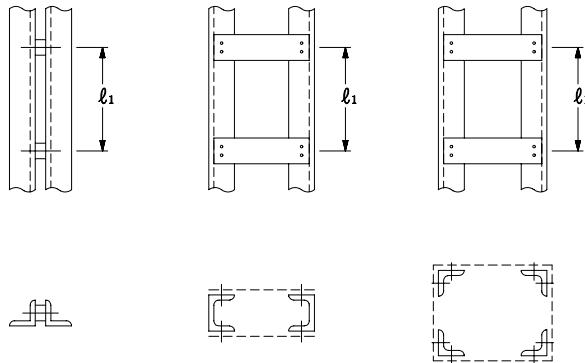


그림 16. 끼움판, 대판형식의 조립압축재

② 격자형식의 경우

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{A}{nA_d} \cdot \frac{\ell_d^3}{\ell_2 e^2}}$$

$\ell_2$  : 격자재길이의 재축방향의 성분 [cm]

$\ell_d$  : 격자재 길이 [cm]

$e$  : 소재의 중심간의 거리 [cm]

$A$  : 주를 구성하는 소재단면적의 화 [cm<sup>2</sup>]

$A_d$  : 격자재의 단면적 [cm<sup>2</sup>]

복격자재는 양격자재 단면적의 화 [cm<sup>2</sup>]

$n$  : 묶음재의 구면의 수

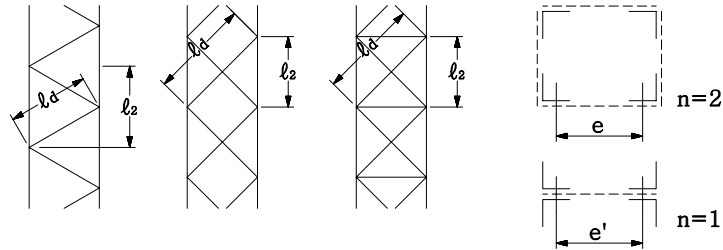


그림 17. 격자 형식의 조립압축재

### 5.2.3 사재의 조립법

조합철주에 있어서 사재의 조립법은 다음에 의한다.

- (1) 사재의 수평면에 대한 경사각도는 선로직각면에서, 단사재의 경우는 40°로 하고, 복사재의 경우는 45°로 한다.
- (2) 조합철주의 주주재 끝부분은 필요에 따라 재단보강용의 강판을 설치한다. 또한, 수재 설치부등집중하중을 받는 개소는 보강한다.
- (3) 기초하부 밀이음이 40cm이상의 조합철주는 사재에 ㄱ형강을 사용한다. 평강을 사용하는 경우는 복사재로 하고, 그의 교점을 볼트체결한다.

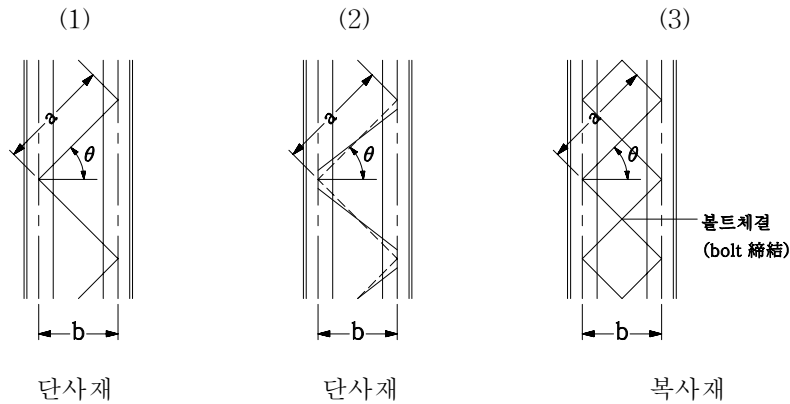


그림 18. 사재의 조립법과 사재각도법

#### 5.2.4 주주재의 강도계산

외력 및 휨모멘트를 받는 주주재의 계산은, 단일재의 계산에 준한다. 다만, 주주재의 산정은 <식 (28)>에 의하여도 좋다.

$$\delta_c = \frac{P}{2A} \quad \frac{\delta_c + \delta_m}{f_k} \leq 1 \quad (28)$$

$$\delta_m = \frac{M}{A \cdot g}$$

P : 주주재의 축방향압축력 [N]

M : 조합철주에 작용하는 휨모멘트 [N/cm]

A : 주주재의 편측유효단면적 [cm<sup>2</sup>]

g : 주주재의 중심간 거리 [cm]

f<sub>k</sub> : 허용좌굴응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

δ<sub>c</sub> : 주주재의 압축응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

δ<sub>m</sub> : 휨모멘트에 의해 주주재에 생기는 압축응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

##### (1) 주주재의 좌굴에 대하여

주주재에 생기는 좌굴형식으로는

- ① 주주재의 절점간거리를 좌굴장으로한 단일재의 휨좌굴
- ② 주주재 전체가 반파형이 생기는 전체 휨좌굴
- ③ 주주재의 국부 또는 비틀림 좌굴이 있다. 이상의 것 중 어느 것이 우선적으로 생겼는지는 부재단면의 형상 치수 등에 영향을 받지만, 특히 가, 나 의 휨 좌굴은 주주재의 휨 강성의 대소에 따라 좌우된다. 예를들면 단일재 좌굴이라 가정해도, 주주재 전체의 휨강성이 작으면, 전체좌굴이 단일재좌굴에 우선한다.



따라서, 주주재의 좌굴검토는 전항의 가, 나 양자를 고려하지 않으면 안 된다.

(2) 계산식의 적용법에 대하여

$I_x$  : 단재의 단면 2차 모멘트 [ $cm^4$ ]

$A_1$  : 단재의 단면적 [ $cm^2$ ]

$A$  : 편측의 단면적 [ $cm^2$ ]

(아래그림의 경우는  $A=2A_1$ )

$I$  : 전체의 단면 2차 모멘트 [ $cm^4$ ]

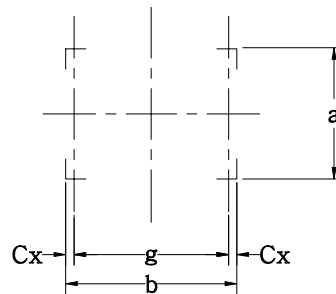


그림 19.

트리스구조인 경우는  $\sigma_m = M/A \cdot g$ 가 정확하지만, 그 차는 매우 적기 때문에 실용적으로 봐서 간편하므로  $\sigma_m = M/Z$ 를 사용해도 지장이 없는 것으로 하고 있다.

$Z$ 와  $A \cdot g$ 를 비교해 보면

$$I = 4 \left\{ I_x + A_1 \left( \frac{b}{2} - C_x \right)^2 \right\}$$

$$\therefore Z = \frac{2I}{b} = \frac{8 \left\{ I_x + A_1 \left( \frac{b}{2} - C_x \right)^2 \right\}}{b} \quad (29)$$

또는

$$A \cdot g = 4A_1 \left( \frac{b}{2} - C_x \right)$$

$Z$ 와  $A \cdot g$ 와의 차는

$$Z - A \cdot g = \frac{8 \left\{ I_x + A_1 \left( \frac{b}{2} - C_x \right)^2 \right\}}{b} - 4A_1 \left( \frac{b}{2} - C_x \right)$$

$$= \frac{8I_x + 8A_1 \left( \frac{b}{2} - C_x \right)^2 - 4A_1 b \left( \frac{b}{2} - C_x \right)}{b}$$

$$= \frac{8I_x + 4A_1 \left( \frac{b}{2} - C_x \right) \left\{ 2 \left( \frac{b}{2} - C_x \right) - b \right\}}{b}$$



$$\frac{b}{2} - C_x \cong \frac{b}{2} \text{로 두면}$$

$$Z - A \cdot g = \frac{8I_x + 4A_1 \frac{b}{2} \left( 2\frac{b}{2} - b \right)}{b}$$

$$\therefore Z - A \cdot g \cong \frac{8I_x}{b} \quad (30)$$

가 된다.

#### 5.2.5 사재의 강도계산

사재의 강도계산은 <식 (31)>에 의한다.

$$\frac{Q}{f \cdot n \cdot A \cdot \cos \theta} \leq 1 \quad (31)$$

Q : 조합철주에 가해지는 수평력 [N]

θ : 사재의 수평면에 대한 경사각도

A : 사재의 유효단면적 [cm<sup>2</sup>]

n : 사재의 중복수

f : 사재의 허용인장응력도 또는 허용좌굴응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

아래 그림에서 사재에 가해지는 힘을 P라 하면

$$P = \frac{Q}{\cos \theta} \quad (32)$$

좌력도 σ는

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{Q}{A \cdot \cos \theta} \quad (33)$$

응력도의 판정

$$\frac{\sigma}{f} = \frac{Q}{f \cdot A \cdot \cos \theta} < 1 \quad (34)$$

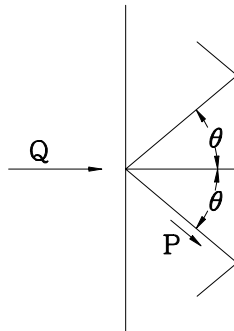


그림 20.

사재의 중복수는 동일개소에서 사재와 겹치는 쪽의 수를 나타내는 것으로, 일반적인 4각철주의 경우는 단사재에서는  $n=2$ , 복사재에서는  $n=4$ 이다.

#### 5.2.6 주주재와 사재접속용 볼트 강도계산

주주재와 사재접속용 볼트 강도는 <식 (35)>에 의해 계산하고, 사재의 합성응력에 대하여 안전하도록 산정한다.

$$P \leq F \quad (35)$$

$P$  :  $P_1$ 과  $P_2$ 의 합성응력

$P_1, P_2$  : 사재의 인장응력 또는 압축응력

$F$  : 볼트1개의 허용응력



그림 21. 사재접속용 볼트의 응력

## 6. 트러스구조재의 강도계산

### (1) 트러스부재의 접합부 강도계산

- ① 트러스구조재의 접점은 이것을 편접합으로 간주하고 계산한다.
- ② 이음매판을 사용하여 접합한 트러스주재는 이것을 연속「강접합」으로 간주하여 계산한다.
- ③ 접합부에서 부재의 중심선은, 될 수 있는 한 일점에 집중되도록 하고 일점에 집중되지 않는 경우로서, 편심에 의한 2차응력의 영향이 클 때는, 이것을 고려한다.
- ④ 접합부의 중심선이 일치하지 않는 경우로 편심에 의한 2차 응력의 영향을 고려할 때, 그림과 같이 볼트열선은 일치하고 있으나 중심선이 일점에서 만나지 않는 경우, 이 절점에는

$$M = -(P_1 - P_4) \cdot e_1 = -P_2 \cdot e_2 = -P_3 \cdot e_3 \quad (36)$$

의 모멘트가 존재하고, 이 모멘트는 어쨌든 부재의 강도  $K=I/\ell$ 에 비례하고, 각각의 부재에 분배된다고 생각하면 된다. 즉, 각 부재단면의 검정은, 이 휨 모멘트를 고려하지 않으면 안 되는데 통상 그 부가된 휨 모멘트는 그정도로 크지 않으므로 별로 중요시 하지 않지만, 하중이 큰 중요한 트러스에 대해서는, 고려해야 된다.

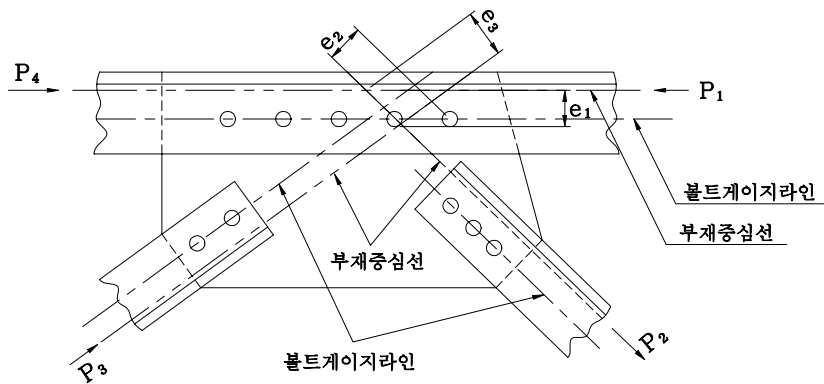


그림 22.

(2) 트러스 구조재의 강도계산

- ① 트러스구조재는 필요에 따라 도식해법, 절점법 또는 단면법 등의 계산에 의하고, 각 부재에 작용하는 응력을 산정한다.
- ② 인장 또는 압축을 받는 트러스부재의 산정은 「단일재의 강도계산」에 준한다.
- ③ 부재의 설치 볼트는 부재끝단의 전응력을 전달할 수 있도록 산정한다. 다만, 연결재 중간절점에 있는 집합볼트는 부재끝단 응력의 차를 거싯플레이트에 전달할 수 있도록 설계한다.
- ④ 거싯 플레이트는, 이것에 접속하여 각 부재의 끝단응력을 전달하는데 충분하도록 산정한다.
- ⑤ 거싯 플레이트(gusset plate) 응력의 검정

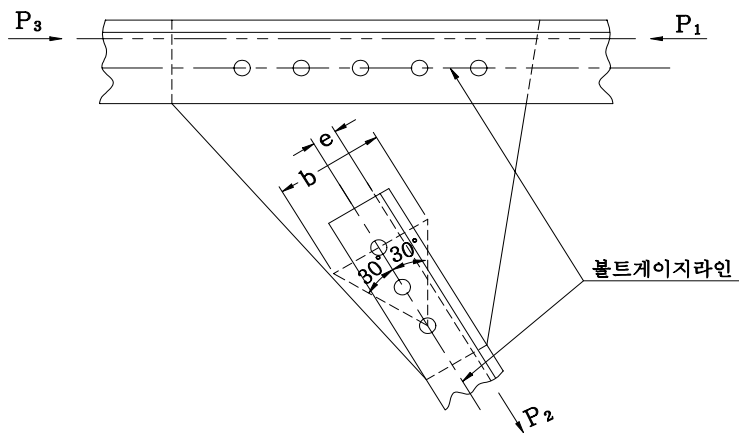


그림 23.

부재응력은 상기 그림과 같이 부재방향의 양측 30도의 방향으로 쉼기형으로 넓은 구역에 전달되는 것으로서, 다음식에 의해 검정한다.

$$\sigma = \frac{P_2}{bt} + \frac{M}{Z} \leq f_t \quad (37)$$

$P_2$  : 부재응력 [N]

$b$  : 최종 볼트를 지나는 폭 [cm]

$t$  : 플레이트의 두께

$M$  : 볼트 게이지 라인과 부재중심선과의 편심에 의해 생기는 휨모멘트 [N · cm]

$$M = P_2 e$$

$f_t$  : 부재허용응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

$Z$  : 단면계수 [cm<sup>3</sup>] -----  $t \cdot b^2/6$


## 7. 볼트접합

### 7.1 볼트의 간격

볼트구멍의 중심거리의 표준 및 최대, 최소한도는 <표 11>에 의한다. 부재에 설치하는 볼트구멍의 중심거리는, 볼트 호칭경의 2.5배이상, 8배이하로 하였다.

표 11. 볼트구멍의 중심거리

볼트의 직경 d [mm]	12	16	20	22	24
볼트구멍의 표준중심거리 [mm]	50	60	70	80	90
볼트구멍의 최소중심거리 [mm]	35	40	50	55	60
볼트구멍의 최대중심거리 [mm]	95	125	160	175	190



$b$  : 볼트구멍의 중심거리

### 7.2 볼트의 위치

- (1) 볼트구멍의 중심과 부재의 끝단과의 거리 $e_1$  및 볼트구멍의 중심과 플랜지부 연단과의 거리 $e_2$ 는 <표 12>에 의한다.

강판의 경우는  $e_1$ 에 준한다.



표 12. 볼트구멍의 위치

볼트의 직경 d [mm]	e <sub>1</sub> [mm]		e <sub>2</sub> [mm]	
	주재	기타	주재	기타
12	25	20	18	16
16	35	25	24	21
20	40	30	30	26
22	45	35	33	29
24	50	40	36	32



- (2) 볼트를 부재의 장축에 따라 설치하는 경우 볼트구멍의 표준 게이지는 <표 13>에 의한다.
- (3) 볼트구멍의 직경은 사용볼트 직경의 1.5mm를 가한 값을 표준으로 한다.
- (4) 볼트는 설치상태에서 너트로부터 <표 14>에 표시한 길이 이상으로 한다.

표 13. 볼트구멍의 표준 게이지

[단위 : mm]

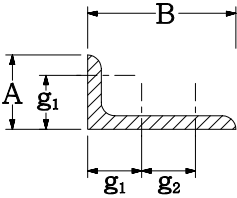
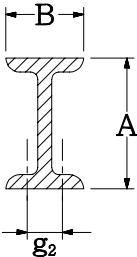
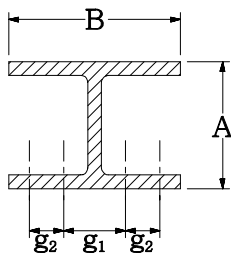
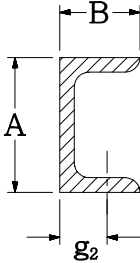
산 형 강			I 형강		H 형강			C 형강	
									
A또는B	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	B	g <sub>2</sub>	B	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	B	g <sub>2</sub>
40	22		75	38	100	60		40	24
45	25		100	52	125	75		50	30
50	30		125	64	150	90		65	35
60	35		150	80	175	105		70	40
65	35				200	120		75	40
70	40				250	150		80	45
75	40				300*	150	40	90	50
80	45				350	140	70	100	55
90	50				400	140	90		
100	55				※ B=300은 지그재그로 한다.				
125	50	35							
130	50	40							
150	55	55							
175	60	70							
200	60	90							

표 14. 볼트의 여유길이

[단위 : mm]

볼트의 직경 d	10	12	14	16	18	20	22	24	27
너트 위치 u'	2	2	3	3	3	3	3	4	4
K	1.5	2	2	2	2.5	2.5	2.5	3	3
여유길이 u	3.5	4	5	5	5.5	5.5	5.5	7	7

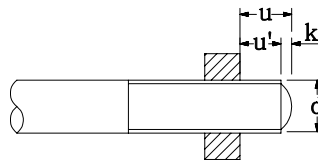


그림 24. 볼트의 여유길이 기호

- (5) 볼트의 여유길이에 있어서는 다음 표와 같이 표준에서 여유를 두어 u치수(해설 <표 15>) 1피치(pitch) 이상 내는 것으로 하였다.



그림 25.

표 15.

[단위 : mm]

나사의 호칭	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27
k	1.5	2	2	2	2.5	2.5	2.5	3	3
r (약)	9	11	14	17	17	20	25	25	30
참고 u (최소)	2.5	3	3	3	4	4	4	4.5	4.5

### 7.3 볼트이음매의 구조

- (1) 주주재의 이음매부분에 설치하는 볼트수는 각 플렌지, 각 웨브마다 2개 이상으로 한다.
- (2) 주주재 상호간 및 주주재와 타의 부재와의 설치점에 있어서 볼트구멍 위치는 특히 주의하고, 각 부재의 중심선은 가급적 일점에 집중하도록 설계한다.
- (3) 거싯플레이트
  - ① 거싯플레이트의 두께는 6mm이상으로 한다.
  - ② 플레이트만으로 압축력을 전달하는 개소는 일단계 더 두꺼운 것을 사용한다.
  - ③ 거싯플레이트의 크기는 다음 그림의 a, b, c, d의 결선이 거싯플레이트 내에 포함되도록 설계한다.

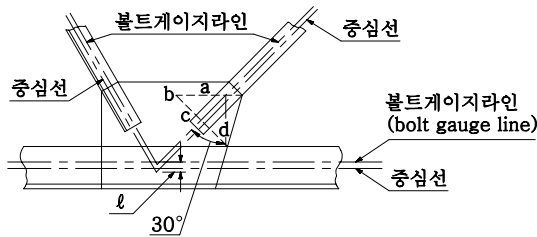


그림 26.

- ④ 거싯플레이트를 사용하는 경우도, 주주재와 각 부재의 중심선은 될 수 있는대로 일점에 모이도록 하여 중심선의 편심에 의한 2차응력을 적게 한다.
- (4) 주주재를 연결할 경우는, 원칙적으로 이음매 강도가 주주재의 강도와 협조하는 것이 바람직하다. 볼트접합이나 리벳접합에는, 주주재에 볼트구멍 또는 리벳구멍을 내므로 적어도 구멍부분을 뺀 단면과 강도협조를 취할 필요가 있다.

웹플랜지, 각 웹(web)마다 볼트를 설치하도록 지시하고 있는 것은, 각 플랜지, 각 웹보응력이 접합된 부재에 직접 전달될 필요가 있으므로, 예를 들면, ㄱ형강의 편측 플랜지만을 접합하면, 그 ㄱ형강에는, 접합 되어있지 않은 측의 플랜지 단면의  $\frac{1}{2}$ 이 무시된 응력이 발생한다. 즉, 각 플랜지마다 접합하지 않으면, 이음매 때문에 주재의 강도가 감소하게 된다.

또한, 볼트수를 2개 이상으로 하고 있는 것은, 접합점에서 주재재의 중심선이 벗어나 있으면, 중심선이 일치하는 방향으로 주주재가 변형하려고 하여, 볼트에 휨 응력을 가하게 되므로, 볼트의 강도는 물론, 접합부의 마찰계수가 저하하여 이음매 전체강도가 감소하므로, 이러한 현상을 피하기 위한 것이다.

접합부에 편심에 의한 휨 모멘트가 극력 발생하지 않도록 주의를 촉구하는 것은 주재와 주재의 접속에는 중심선이 일직선이 되도록, 또는, 사재가 모이는 곳(격점)에서는 각각의 중심선이 일점으로 모이도록 유의하여 설계하면 된다. 이 경우 중심선의 엇갈림이 큰 경우는, 2차응력을 가미하여 강도검토를 하지 않으면 안 된다.

전차선에 사용하는 구조물의 강도에서, 거싯 플레이트 국부좌굴을 고려하여 그 두께를 제한하며 거싯플레이트를 사용할 경우, 이에 따라 접합되는 부재는, 다음그림에 나타낸 바와 같이 편심접합되는 경우가 많으므로, 거싯 플레이트만으로 압축력을 전달하는 경우는 이 편심 휨모멘트( $M=N \cdot eo$ ) 때문에 좌굴되기 쉬워짐에도 불구하고, 그 계산을 생략하는 경우가 많다. 이러한 2차 응력에 대해 위험층의 설계가 되지 않도록 일단 두꺼운 것을 사용하는 것으로 하고 있다.



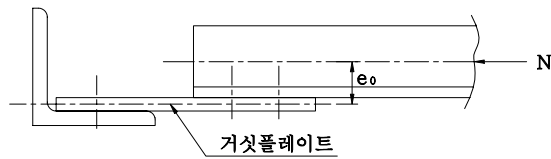


그림 27.

거싯 플레이트의 응력검정에 있어서는, 트러스 구조재의 강도계산의 해설에서 상술하고 있는데, 해설 <그림 27>의 a, b, c, d를 이온선이 거싯 플레이트를 벗어나면, 그 계산이 적용되지 않게 되어, 더 위험한 단면에 대하여 계산하지 않으면 안되게 되므로, 결과적으로 비경제적이기 때문에, 작용선이 거싯플레이트내에 포함되도록 규제하고 있다.

#### 7.4 주주재의 접속

주주재의 접속은 다음에 의한다.

- (1) 주주재의 이음매를 설치하는 위치는 큰 응력이 생기는 개소를 가급적 피한다.  
이음매 부분은, 대부분의 경우 강도상의 약점이 되기 쉽다. 그렇기 때문에, 큰 응력이 생기는 개소에서 접속하는 것을 피하도록 주의를 촉구하고 있다.
- (2) 주주재의 이음매의 단면 및 접합볼트는 피접합부의 존재응력을 전달하는데 충분하도록 설계한다. 주주재의 이음매는, 본래 1본이어야 할 부재를 필요에 따라 분할하고, 그것을 잇는 것이기 때문에, 이음매 부분에서 응력이 전해지지 않으면 그 부분에 이상한 응력 집중이 일어나는 등 바람직하지 못한 상태가 될 우려가 있으므로, 존재응력을 전달할 수 있는 구조가 되도록 지시하고 있다. 그러나 피접합부의 존재응력을 정산하기보다, 그 부분에 가할 수 있는 허용응력 쪽이 간단히 구하여지므로, 그의 전 허용응력을 존재응력으로 봐도 무방한 것으로 하였다.  
다만, 정산에 의하지 않는 경우는, 피접합부의 전 허용응력을 가지고 존재응력으로 볼 수가 있다.
- (3) 주주재의 접속은 맞대기접속으로 한다. 다만, 특수한 경우는 중첩접속으로 할 수가 있다. 전차선로용의 철주는, 그 주주재의 단면을 이음매 부분에서 변하지 않는 것이 통상적이다. 동일단면의 주재를 접속할 경우는, 하중선을 지나기 위해서도 맞댐 접속쪽이 좋으므로, 맞댐 접속을 원칙으로 하고 있다. 그러나, 주주재의 단면이 다르게 접속하는 경우 반드시 맞댐 접속이 좋다고는 말할 수 없으며, 동일단면의 주주재라도 구조상 중첩 접속으로 하지 않을 수 없는 경우도 생기므로, 특수한 경우는 중첩 접속이라도 무방한 것으로 하고 있다.



## 8. 용접

### 8.1 용접의 사용범위

전차선로용 강구조물 의 용접은 주재와 복재와의 접속만으로 사용하고 주재의 접속 또는 철주와 빔의 접속에는 사용하지 않는다.

강재의 용접에는, 가열냉각에 의한 용접부의 잔류응력, 취화 현상이 발생하는데, 이것을 피할 수는 없다. 특히, 취성 파괴에 있어서는, 허용응력 이하에서 사용하고 있을 때에 급히 용접부의 일부에 취성균열이 생기고, 이것이 매우 고속으로 타 부분에 전파되어, 일순간에 그 구조물을 파괴해 버리는 대사고를 일으키는 경우가 있다.

취성파괴의 방지에는, 우선 취성균열을 발생시키지 않도록 하는 것인데, 설계적으로 응력집중이 적을 것, 공작적으로 결함이 생기지 않게 할 것, 만약 그것이 생겼다고 생각될 때는, 비파괴 검사를 하여 결함을 보수해 둘 것, 소둔 또는 미리 하중을 가하여 잔류응력을 완화해 둘 것 등의 고려가 필요하다.

이러한 용접에 대한 문제점 외에, 용접기술의 익숙함과 서투름에 따라 용접성능에는 큰 차가 있어서, 신뢰도의 면에서 완전한 것이라고는 말할 수 없다. 따라서 주응력을 전달하는 부재의 접속에는 용접을 이용하지 않는 것으로 하였다.

### 8.2 용접에 사용하는 강재

용접하는 철구조재는 KS D 3503 「일반구조용 압연강재」 SS400 및 KS D 3566 「일반강구조용 탄소 강관」 STK400 또는 STK490을 사용하고, 어떠한 경우에도 주철은 용접구조에 사용하지 않는다.

#### (1) 강재의 용접성

강재에는, 여러 가지 불순물이 포함되어 있는데, 이 불순물에 따라 강재 성질이 결정된다. 이러한 불순물 함유량은 용도에 따라, 필요한 것에 대해서는 KS 규격으로 규정되어 있다.

용접구조에 사용하는 강재는, 용접성능이 좋은 것이 필요한데, 용접성으로서 중요한 것은

- ① 용접시의 열영향에 의한 경화(취화)가 적을 것
- ② 용접이음매에 발생하는 결함이 생기지 않을 것 등을 들 수 있다.
  - ① 은 불순물로서의 C(탄소)의 영향이 가장크고, Mn(망간), Si(실리콘)이 그 다음이다.
  - ② 의 중요한 것은 S(유황)의 함유량이다. S는 아크 발생시의 기포발생을 조장하고, 모재측에서 용착금속에 유황균열을 생기게 한다.

#### (2) 용접구조용 압연강재 (SM)

SM재는 특히 용접성이 우수한 강재이며 C, Mn, Si, P, S의 모든 성분에 대하여 KS로 규정되어 있고, 용접구조로 적합하다는 사실은 말할 것도 없다.

### (3) 일반구조용 압연강재 (SS)

SS400에 있어서는 P, S이외에 함유량을 규정하고 있지 않으나, C, Mn, Si 등에 있어서도 제철회사가 목표로 하고 있는 사내규격에 의하면 용접성은 우수하다고 되어 있다.

또한, SS400은 저탄소강에 속해 있으므로, 일반적으로 판두께가 25mm 정도 까지는 용접에 특별한 주의가 필요하지 않는다. 그러나 탄소량이 많고( $C \geq 0.25\%$ ) 더욱이 판두께가 두꺼운 경우( $t \geq 25\text{mm}$ )에는 용접에 특별한 주의가 필요하다.

SS490이 되면 C의 함유량이 많아져서, 용접부의 재질은 담금질 효과에 의해 단단해 지지만, 반면 매우 부서지기 쉬워지므로 용접용 강재로는 적당치 않다.

### (4) 일반구조용 탄소강 강관 (STK)

강관구조는 주로 용접조립되어 있으므로, SM재와 같이 불순물에 대해 세밀히 규정되어 있으므로 용접성은 우수하다.

다만, STK500은 발판 및 가설용 강관으로서 C의 함유량이 많기 때문에, 용접에는 적당치 않으므로 주의를 요한다.

### (5) 배관용 탄소강 강관 (SGP)

SGP에 있어서는 P, S의 함유량에 대해서만 규정하고 있는데, 저탄소강 강관이므로 용접성으로서는 문제는 없다. 그러나 관자체의 강도는, STK에 비해 상당히 작고, 또한 허용응력도 등에 대한 규정도 없기에, 구조물에 사용하는 것은 바람직하지 않다.

### (6) 주철

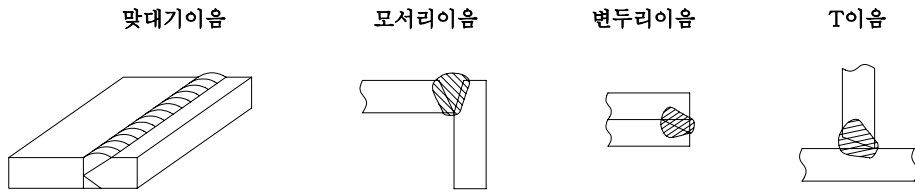
주철은 고탄소 합금이어서 딱딱하고 부스러지기 쉬우므로, 용접은 매우 곤란하며 신뢰성도 매우 낮다. 또한, 주철의 입자는 거칠어서 입자간에는 다량의 산소가 포함되어 있으며, 이 산소는 용접부에 큰 결함을 생기게 하므로, 용접구조에는 사용해서는 안 된다.

## 8.3 용접이음매의 형식

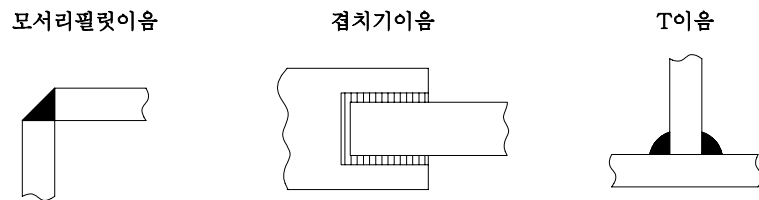
응력을 전달할 수 있는 용접이음매의 형식은 다음 2종류로 한다. 다만, 용접하려고 하는 모재간의 각도가  $60^\circ$ 이하 또는  $120^\circ$ 이상일 경우에, 모서리 이음매에는 응력을 부담시키지 않는다. 아크용접으로 이음매를 만들때에는 맞대기, 필릿, 점용접(홈용접), 비드 및 살돋움 등이 사용되고 있는데, 응력을 전달하는 용접이음매로는, 이 가운데 맞대기와 필릿 두 종류에 한정된다.



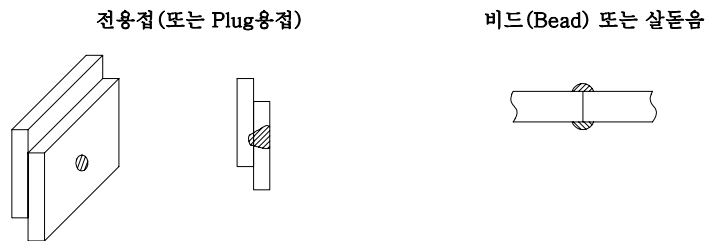
### (1) 맞대기 이음매



### (2) 필릿 이음매



### (3) 전용접, 비드(bead) 또는 살돋음

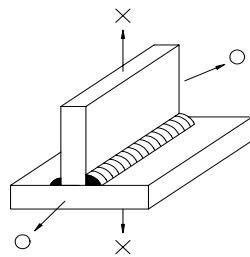


### (4) 필릿 이음매의 교각(交角)

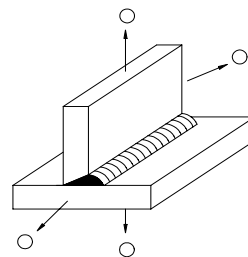
T이음매의 교각이 60도 이하인 경우는, 필릿 용접의 바닥을 용입작업을 완전하게 시공하는 것은 곤란하고, 또한, 교각이 120도 이상인 경우도 용접구조나 시공의 점에서 볼 때 바람직하지 않으므로, 응력을 전달하는 이음매로는 금지하고 있다.



따라서, T이음매의 교각이 60도 이하 또는 120도 이상이 될 경우에는, 맞대기 용접으로서 응력을 전달시키도록 한다.



**필릿 (Fillet) 이음**



**맞대기이음**

일반적으로 필릿 T이음매는, 전단력만을 전달하는 경우에 사용하는 것으로서, 인장력이 작용하는 T이음매를 필릿 용접으로 접합하면, 중간부의 불용착부가 예리하게 파낸 개탕부분이 되어 응력집중을 일으켜서 파괴의 원인이 되기 쉽다.

#### 8.4 용접의 허용응력도

(1) 아크용접이음매의 용접부위단면에 대한 허용응력도는 <표 16>에 의한다.

**표 16. 용접의 허용응력도**

[단위 : N/cm<sup>2</sup>]

재 료	이음매형식 응력 계수	맞대기 이음매				필릿(Fillet)
		인장	압축	휨	전단	
SS400		13,720	13,720	13,720	7,840	7,840

(2) 용접에 따른 큰 수축력을 발생할 우려가 있는 이음매 형식 및 용접순서는 피하도록 한다. 다만, 부득이 이것을 사용할 경우는, 허용응력을 저감한다.

(3) 용접의 허용응력도의 결정

용접이음매의 허용응력은, 용접되는 모재 및 용착금속에 의해 결정된다.

현재 용접이음매의 허용응력을  $\sigma_p$ , 모재의 허용응력을  $f$ , 용접효율을  $\eta$ 라 하면

$$\sigma_p = \eta f$$

로 표시되고, 이론적으로는  $\eta$ 은 용착금속에 의해 결정된다.

그러나, 일반적으로는 용접설계의 입장에서 용접금속의 기계적 성질이 모재에 비해서 우월하다 하더라도  $\eta \leq 1$ 개 잡는 것이 일반적이다.

또한, 건조물 설계표준(강철도교)에 있어서는 다음 표 값을 사용하고 있다.



표 17. 구조용 강재 및 용착부에 대한 기본응력도 [단위 : N/cm<sup>2</sup>]

응 력 종 류			재 료	SS400 SM400 SMA400	SM490	
구 조 용 강 재	인장응력도 (순단면에 대하여)	축방향응력도		14,700	19,600	
		휨응력도				
	압축응력도 (총단면에 대하여)	축방향응력도				
		휨응력도				
	전단응력도		총단면에대하여		8,330	11,270
	지압응력도		강판과강판		20,580	27,440
용 착 부	공 장 용 접	개선용접	인장응력도		14,700	19,600
			압축응력도		8,330	11,270
			전단응력도		14,700	19,600
		필릿용접	인장압축응력도		8,330	11,270
			목두께에 관한 인장 · 압축 · 전단응력도		14,700	19,600
		현장용접		상기 90%를 원칙으로 한다.		

※ 비드(bead) 방향의 인장 · 압축의 경우는 100%로 한다.

위표에서는 용접부의 허용응력도는 모재와 같다. (모재의 허용응력도는 안전율 1.6으로 전차선에서 채용하고 있는 1.5와 다르다) 이와같이 용접부의 허용응력도는 모재와 같게하는 것이 오늘날의 추세이므로, 용접공작기준에 따라 충분한 품질을 확보할 수 있는 공장에서 행할 경우는, 해설 <표 16>값의 1.1배정도 할증해도 된다고 말할 수 있다.

#### (4) 용접부에 있어서의 잔류응력

용접에서 가열은 인화성이 있고, 이 때문에 강재에는 팽창수축이 생긴다. 즉, 모재가 팽창한 상태에서 접합되기 때문에 냉각제의 수축에 따른 다소의 잔류응력이나 변형이 생기는 것은 어쩔 수 없다.

만약, 변형이 생기지 않도록 재료를 구속하여 용접하면, 잔류응력은 다시 커진다.

복잡한 용접구조에서는 조립이나 용접의 순서를 고려하여, 큰 구속상태에서 용접으로 하지 않으면 안 되는 이음매는 피해야 하며, 부득이 그러한 부분이 생길 경우에는, 반드시 용접에 관계없이 볼트접합으로 하는 등의 고려가 필요하다.

### 8.5 용접의 강도계산

- (1) 인장력, 압축력은 전단력을 받는 용접 이음매에서 각각의 응력도  $\delta$ 는, 다음식에 의해 산출하고 8.4항의 허용응력도 이하로 한다.

$$\delta = \frac{P}{\sum (a \cdot \ell)} \text{ [N/cm}^2\text{]} \quad (38)$$

P : 용접이음매부를 통해 전달되는 힘 [N]

$\ell$  : 용접이음매의 유효장 [cm]

a : 용접이음매부의 목의두께 [cm]

(2) 용접의 유효장  $\ell$  은, 용접이음매 전장에서 이음매의 두께를 감한다.

또한, 필릿 용접의 경우, 전달력의 직각으로 용접하는 길이는 체감한다.

(3) 용접이음매의 필릿두께는 <그림 28>에 의하고 KS B 0052에 의한다.

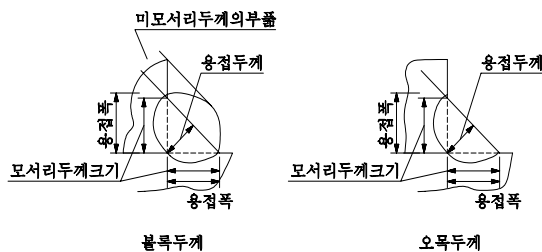
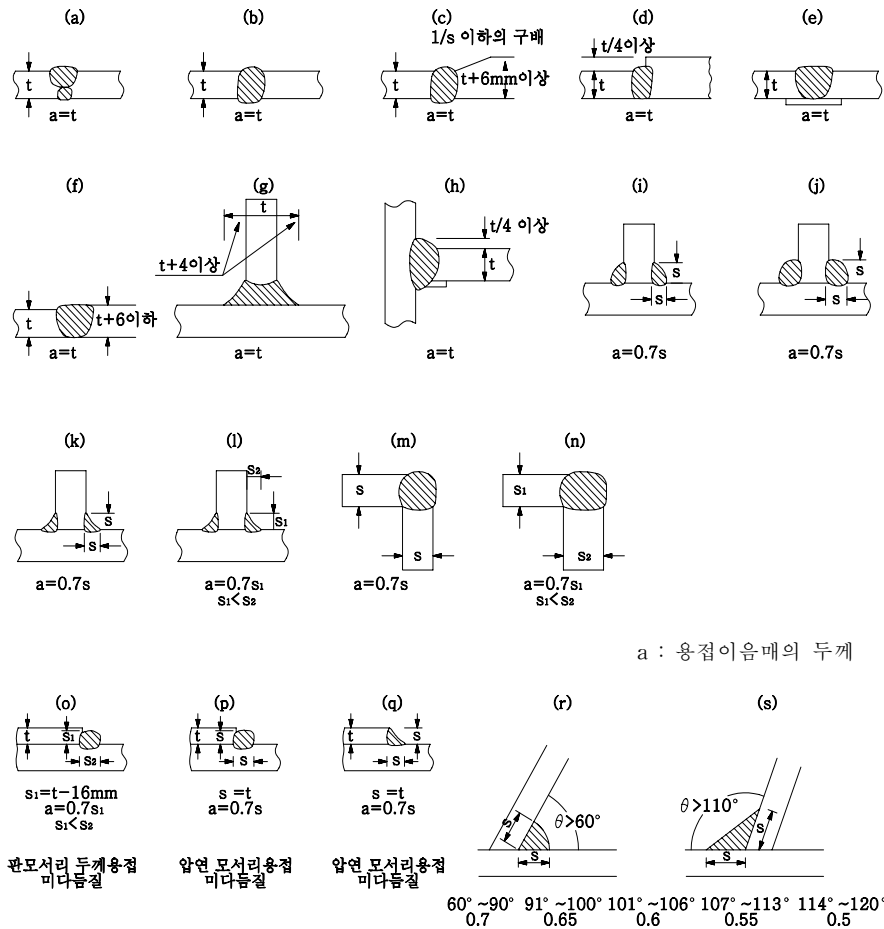
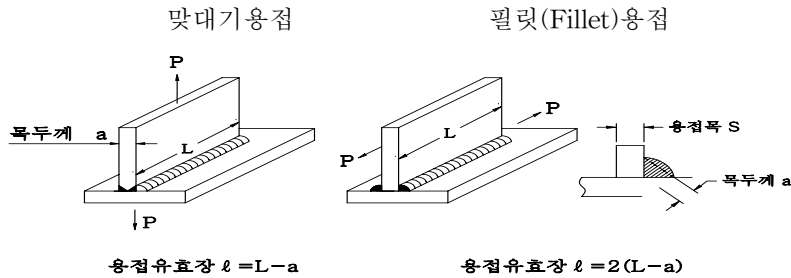


그림 28. 용접 이음매의 두께



#### (4) 강도계산 방법



인장력, 압축력 또는 전단력을 직접 전달하는 맞대기 용접이나, 필릿 용접이음매의 목단면내의 평균응력도를 구하고, 이것이 용접부의 허용응력도를 넘지 않게 정한 것이다.

#### (5) 용접이음매의 유효길이

용접이음매의 유효길이는, 그 실장에서 용접의 시단 및 종단의 불완전 부분을 뺀 필요가 있다. 불완전 부분을 실측하지 않는 경우는 실장보다 적어도 목두께를 뺀 것을 유효장으로 한다.

#### (6) 용접 이음매의 목두께

- ① 맞대기 용접의 목두께는, 접합되는 부재의 두께를 취한다. 판두께가 다를때는, 얇은 쪽의 판두께로 한다.

판두께에 큰 차가 있을 경우는, 판두께에 적당한 구배를 두고 용접시 가열냉각이 평균화 되도록 함과 동시에 응력집중을 경감할 필요가 있다.

- ② 필릿 용접의 목두께

목두께  $a$ 는, 필릿 삼각형의 정점에서 사변을 뺀 길이를 말하고 있으나, 필릿의 크기(용접폭  $S$ )와의 관계는, 필릿이 직각삼각형의 경우

$$a = S \cos 45^\circ \approx 0.707S \approx 0.7S$$

부등각 필릿의 경우는, 용접폭으로서 짧은쪽의 길이를 취한다.

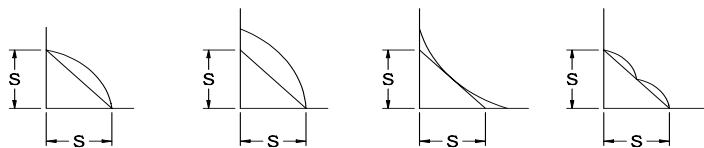


그림 29. 필릿(Fillet) 이음매 사이즈 취하는법

- ③ 살돋움에 대하여

맞대기 용접 및 필릿용접에 있어서 보강을 위해 살돋움 해도, 안전측 값을 취하며 이것을 목두께에 더하지 않는다.

또한, 맞대기 용접에 있어서 살돋움이 너무 크면 오히려 역효과가 나므로 목두께의

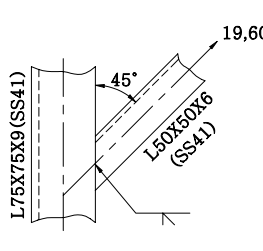


1/10정도나 그 이하로 제한한다.

#### (7) 용접기호

제품을 제작하는데에는, 설계자로서 제작부분에 요망하는 사항을 전부 도면상에 표시할 필요가 있다. 또한 이 표시방법은 간결한 것, 전국적으로 통일되어 있는 것이 필요하며 이를 위해 KS에 기호가 정해져 있으므로 이것을 그대로 사용하였다.

#### [강도 계산 예]



$$\ell = 5[\text{cm}] \times \frac{1}{\sin 45^\circ} - 0.6[\text{cm}] \approx 6.4[\text{cm}]$$

(용접부 실장)                      (목두께)

$$\delta = \frac{19,600}{6.4 \times 0.6} \approx 5,104[\text{N}/\text{cm}^2] < 7,840[\text{N}/\text{cm}^2] - \text{적합}$$

(용접부 응력)                      (허용전단응력도)

(주) 예제는, 용접부에 대해 전단력과 인장력이 동시에 작용하므로 용접부 허용응력도로서, 전단력에 대한 것을 취하였다.

#### (8) 강관의 용접

강관의 용접은, 일반 형강의 용접과는 다른 점이 있으므로 간단하게 설명한다.

##### ① 용접부의 허용응력도

STK400의 용접부 허용응력도는, SS400의 그것과 같다.

##### ② 2개관의 단부와 단부의 접속

용접 이음매는 맞대기 용접으로 하고, 목두께는 얇은 쪽 관의 공칭단면적을 취한다.

##### ③ 주관의 표면에 지관을 붙여 용접할 경우는, 다음에 의하는 것으로 한다.

가. 지관의 두께는, 주관의 두께보다 작을 것

나. 지관의 외경은, 주관외경의  $\frac{1}{4}$  이상으로 한다. 다만, 주관이 국부변형에 대해 충분히 보강될 경우는 이에 따르지 않아도 된다.

다. 교각은 30°이상으로 한다. 다만, 충분히 안전함이 확인될 경우는 이에 따르지 않아도 된다.

라. 양관의 관축은 교차할 것

마. 용접은 전체를 돌려서 맞대기 용접을 원칙적으로 한다. 다만, 반복하중이 작용하지 않는 경우는, 다음에 의할 수가 있다.

지관(支管)외경  $\leq \frac{1}{3}$  주관(主管)외경 --- 전주(全周)필릿 용접

지관외경  $> \frac{1}{3}$  주관외경 ----- 일부 맞대기 용접으로 하고, 연속적으로 필릿 용접으로 이행



- ④ 필릿용접에 의한 경우 필릿용접의 사이즈는 얇은 쪽의 관(지관) 두께의 1.5배 이상 2배 이하로 한다.
- ⑤ 용접부의 허용력의 계산은 ①~④의 조건이 모두 만족 되었을 때는 다음에 의하여 구할 수가 있다.

용접부의 허용력 =  $\phi \times (\text{지관의 전 허용력})$

$\phi$  : 지관과 주관의 교각에 의해 결정되는 계수

다만, 리브(rib) 등으로 보강할 때는 내력을 가산할 수 있다.

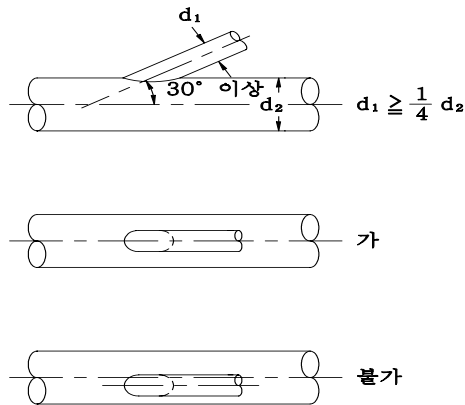
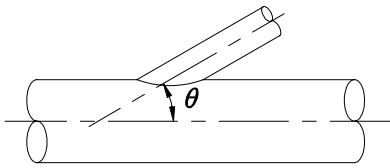


표 18.  $\phi$ 의 값

용접의 종류 교각 $\theta^\circ$	필릿 또는 일부 맞대기 일부 필릿	맞대기	비 고
90	0.70	0.90	 <p>[일부맞대기, 일부필릿]이란, 일부 분을 맞대기 용접으로 하고, 용접 선에 따라 연속적으로 필릿용접으 로 이행하는 용접을 말한다.</p>
85	0.70	0.90	
80	0.71	0.91	
75	0.72	0.92	
70	0.73	0.93	
65	0.74	0.95	
60	0.76	0.97	
55	0.78	1.00	
50	0.82	1.00	
45	0.87	1.00	
40	0.93	1.00	
35	1.00	1.00	
30	1.00	1.00	

## 8.6 용력을 전달하는 이음매의 치수

- (1) 맞댄 용접에 있어서는, 이음매의 두께를 접합하는 소재의 두께이하로 하여서는 안 된다.
- (2) 모서리용접에 있어서는, 용접두께를 2.8mm이상으로 하고, 이음매의 유효장은 40mm로 함과 동시에 용접두께의 15배로 한다.

### (3) 맞대기 용접의 목두께

맞대기 용접에 있어서, 이음매 두께를 접합하는 재료의 두께 이하로 하는 것은, 이 점에서 응력집중을 일으켜서 큰 약점부가 되므로 이것을 금지하고 있다.

이 경우, 이음매의 강도를 모재와 똑같이 하기 위해 보강다지기를 해도, 오히려 응력집중에 의한 위험을 증폭시키므로, 보강다지기는 판두께의 10분의 1 정도로 제한을 둔다.

### (4) 필릿 용접의 목두께

필릿 용접에서, 목두께가 작은 경우는 용접부가 급랭되어 결함이 생기기 쉬우며, 신뢰도가 저하하므로 최소의 목두께는 2.8mm 이상 (사이즈  $S=4\text{mm}$  이상)으로 하고 있다.

강구조 해설에서는 필릿 용접의 사이즈는 다음과 같이 규정되어 있다.

- ① 필릿 용접의 사이즈는 얇은쪽의 모재의 두께 이하로 하면 안 된다.



그림 30.  $S \leq t_1 < t_2$

- ② T형 이음매에서 판두께 6mm 이하의 경우는, 필릿의 사이즈를 판두께의 1.5배 및 6mm 이하까지 늘릴수가 있다.

$$1.6t_1 < S \leq 6\text{mm} \quad (\text{다만, } t_1 < t_2, \quad t_1 \leq 6\text{mm})$$

- ③ T형 이음매에서 판두께를 6mm 넘는 경우는, 필릿 사이즈는 4mm 이상으로 또한 두꺼운 쪽의 모재판두께의  $1.3\sqrt{t_2}$  이상이 되지 않으면 안 된다. 다만, 필릿 사이즈가 10mm 이상인 경우는 이에 따르지 않아도 된다.

$$S \geq 4\text{mm} \text{ 및 } S \geq 1.3\sqrt{t_2} \quad (\text{다만, } t_1 < t_2, \quad t_1 > 6\text{mm})$$

일반적으로 필릿 용접에서는 용접부를 길게하면 강도가 커지므로, 목두께를 작게 취할 수가 있으나, 이 경우에도 판두께를 고려하여 목두께를 결정할 필요가 있다.

또한, 경량형강이나 박판강구조인 경우에서 판두께가 얇고, 목두께가 2.8mm 이상 취해지지 않을때는 이음매의 유효장을 증가하여 내력의 저하가 생기지 않도록 한다. 이 경우에서도 목두께를 2mm 이하로 하는 것은 내력상 신뢰성이 저하되므로 피하지 않으면 안된다.

### (5) 필릿 이음매의 유효장

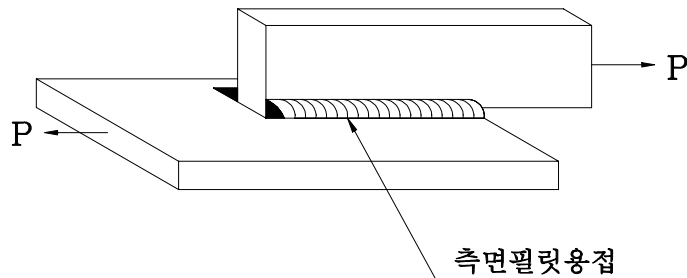
유효장이 매우 작으면 내력상의 신뢰도가 저하되므로, 강구조 해설에서는 응력을 전달하는 필릿 용접의 유효장은, 목두께 사이즈의 10배(이음매 각도 90°로 했을 경우



목두께의 약 15배가 된다) 이상으로, 또한 40mm 이상으로 하는 것을 원칙으로 하고 있다.

또한, 측면필릿 용접에서는 유효장이 필릿 사이즈의 30배(목두께의 약 40배)를 넘을 경우에는, 응력분포가 불균등하게 되어 단부에 응력집중을 일으켜서, 용접부 파괴의 원인이 되므로, 이 경우는 허용응력도를 저감한다.

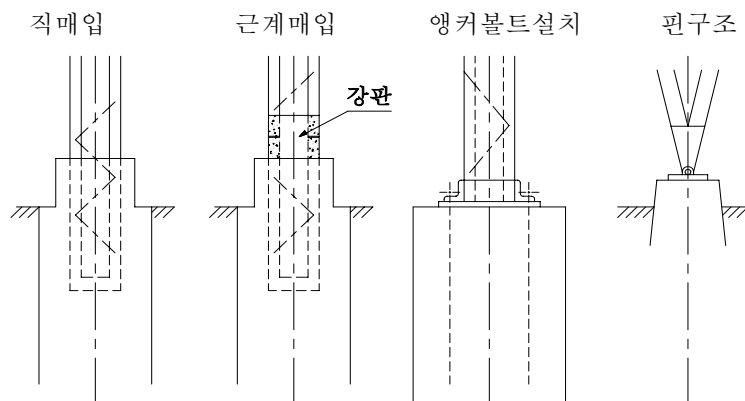
평강을 이용한 인장재의 단부접합에서 긴쪽 방향으로 필릿 용접만이 사용될 경우에는, 각 용접의 길이는 그 평강폭 이상으로 한다.



## 9. 철주각부(鐵柱脚部)의 설계

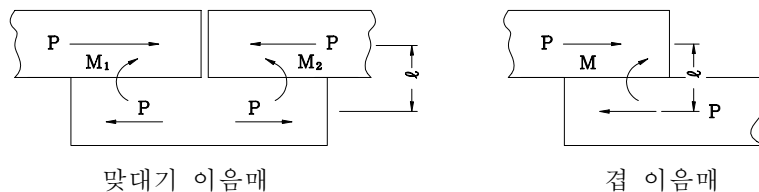
### 9.1 철주각부의 구성

- (1) 철주각부는 존재응력에 충분히 견디고, 이것을 안전하게 기초에 전달할 수 있도록 설계한다.
- (2) 철주각부의 구조는 직매입, 근계매입, 앵커볼트설치 및 편구조의 4종류로 한다.
- (3) 편구조는 기초에 휨모멘트를 부담하기가 곤란한 경우에 사용한다.
- (4) 철주각부는 필요에 따라 배수를 고려한다.



## 9.2 근계매입의 구조

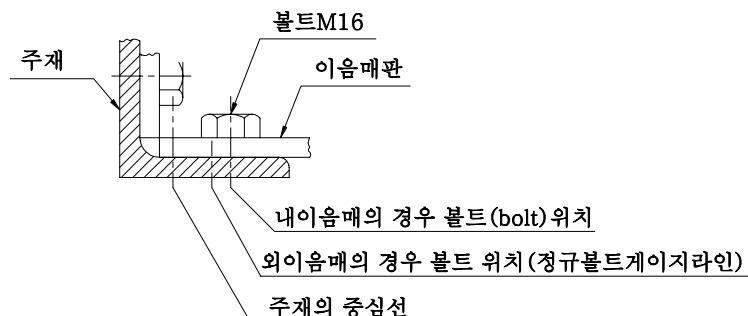
- (1) 철주각부의 접속은 이음매판을 사용하여 맞대기접속으로 한다. 다만, 특수한 경우는 겹침접속으로 할 수가 있다.
- (2) 이음매판은 강판또는 ㄱ형강을 사용하고 주재의 외측에 설치하는 것으로 한다.
- (3) 철주 각부의 접속에 있어서는, 접합부재간에서 존재 응력이 충분히 전달되는 구조가 아니면 안 된다. 이 접속부를 겹이음매로 했을 경우는, 이음매부에 편심에 의한 모멘트가 생기므로 주주재의 접속과 똑같이 맞대기 접속을 원칙으로 하고 있다. 하부주재가 상부주재에 비해 클 경우라든지 하중이 작은 경우 등 특수한 경우는 겹접속으로 해도 되는 것으로 되어 있다.



$$M_1 = +P\ell \quad M_2 = -P\ell \quad M = +P\ell$$

$$M_1 + M_2 = 0$$

- (4) 강재의 접속에 있어서는, 볼트설치 위치는, 가능한 한 중심선에 가까운 쪽이 편심에 의한 2차응력은 작아진다. 하도에 제시한 바와 같이 동일부재로, 겹이음매 또는 내이음매로 했을 경우 볼트의 설치위치는 보통 볼트 게이지 라인보다 ㄱ형강의 중심선에서 멀어지게 되어 2차응력은 증대한다. 이 때문에 이음매판은 외이음매로 하고, 이음매판에 ㄱ형강을 사용할 때는, 이음매판은 한 계급 큰 것을 사용하는 것으로 하고 있다.



## 9.3 앵커볼트의 설치구조

- (1) 앵커볼트는 철주의 응력을 기초로 안전하게 전달할 수 있도록 설계한다.

(2) 앵커볼트의 휨인장력에 대한 산정은 <식 (39)>에 의한다.

$$n \geq \frac{M}{f_t \cdot \frac{\pi}{4} d^2 \cdot L} \quad (39)$$

M : 지면에서 철주의 휨모멘트 [N · cm]

$f_t$  : 볼트의 허용인장응력도 [N · cm<sup>2</sup>]

d : 볼트의 직경 [cm]

L : 상대하는 볼트의 간격 [cm]

n : 소요볼트 수

앵커볼트의 매입길이 산정은 <식 (40)>에 의한다.

$$\ell \geq \frac{M}{\mu \cdot \pi \cdot d \cdot n \cdot L} \quad (40)$$

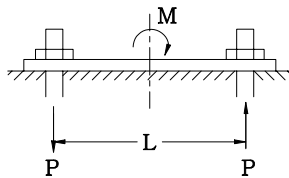
$\mu$  : 앵커볼트와 콘크리트와의 허용부착강도 [N · cm<sup>2</sup>]

$\ell$  : 앵커볼트의 매입길이 [cm]

(3) 소요볼트 본수의 계산

① 계산식의 유도

해설의 계산식은, 다음그림과 같이 회전중심은 양 볼트군 사이의 중앙에 있는 것으로 하고, 볼트의 소요 본수를 구한 것이다.



$f_t$  : 볼트의 허용 인장 응력도 [N/cm<sup>2</sup>]

d : 볼트의 유효직경 [cm]

A : 볼트의 유효단면적 [cm<sup>2</sup>]

n : 인장측 소요 볼트 본수

$$M = P \cdot L = n \cdot A f_t \cdot L = n \frac{\pi}{4} d^2 \cdot f_t \cdot L$$

$$\therefore n = \frac{M}{f_t \frac{\pi}{4} d^2 \cdot L} \quad (41)$$

② 반력분포를 구하는식

일반적으로 반력분포를 구할 경우, 철근 콘크리트의 이론에 의해 다음과 같이 계산하고 있다.

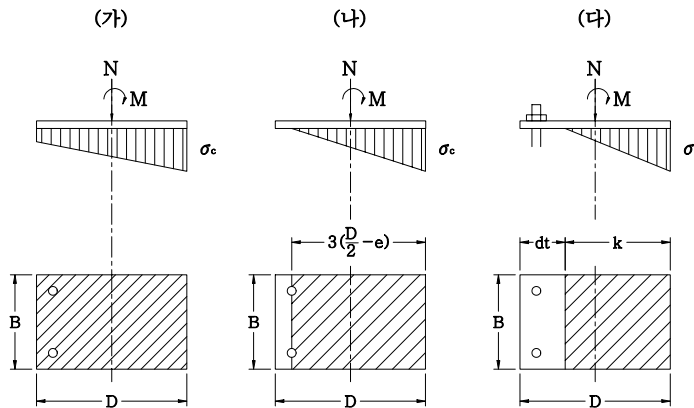


그림 31.  $e=M/N$  (편심량)

가.  $e \leq \frac{D}{6}$  이라면 전저면압축, 앵커 볼트 인장없음

$$\sigma_c = \frac{N}{BD} \left( 1 + \frac{6e}{D} \right) \quad (42)$$

나.  $\frac{D}{6} < e \leq \frac{D}{6} + \frac{d_t}{3}$  이라면 저면의 일부압축, 앵커볼트 인장 없음

$$\sigma_c = \frac{2N}{3B \left( \frac{D}{2} - e \right)} \quad (43)$$

다.  $e > \frac{D}{6} + \frac{d_t}{3}$  이라면 저면 일부압축, 앵커볼트에 인장이 생긴다.

$$k^3 + 3 \left( e - \frac{D}{2} \right) k^2 - \frac{6na_t}{B} \left( e + \frac{D}{2} - d_t \right) (D - d_t - k) = 0$$

로 해서  $k$ 를 구하여

$$\sigma_c = \frac{2N \left( e + \frac{D}{2} - d_t \right)}{Bk \left( D - d_t - \frac{k}{3} \right)} \quad (44)$$

$$P' = \frac{N \left( e - \frac{D}{2} + \frac{K}{3} \right)}{\left( D - d_t - \frac{k}{3} \right)} \quad (45)$$

$\sigma_c$  : 콘크리트에 생기는 최대 압축 응력 [ $\text{N}/\text{cm}^2$ ]

$P'$  : 인장측 앵커볼트 군에 생기는 인장력 [ $\text{N}$ ]

$n$  : 콘크리트에 대한 강의 영계수비 (=15)

$a_t$  : 인장측 앵커볼트의 단면적의 합계 [ $\text{cm}^2$ ]

$k$  : 중립축의 위치 [ $\text{cm}$ ]

③ 해설의 반력분포를 구하는 계산식의 비교

<식 (45)>은

$$N_e = M$$

$D=L+2d_t$ 라 바꾸어 정리하면

$$P' = \frac{1}{L - \left(\frac{k}{3} - d_t\right)} \left\{ M - \left(\frac{L}{2} - \frac{k}{3} + d_t\right) N \right\} \quad (46)$$

해설의 식은

$$P = \frac{M}{L} \quad (47)$$

지금  $P > P'$ 라면 <식 (47)>은 <식 (46)>에 대해서 안전측의 값을 주게 되는데, 이 조건은

$$k < \frac{1.5L^2}{L + e} + 3d_t \quad (48)$$

전차선로용 지지물에서는 수직하중에 대해 모멘트 값이 큰  $k$ 는 24를 넘는 경우가 거의 없으므로, 일반적으로 <식 (48)>을 만족한다.

따라서, 기준에서 제시한 값은, 반력분포를 구하는식에 비해서, 볼트에 생기는 인장력을 크게 한 것으로서 복잡한 계산을 하지 않고, 간단히 안전측 값을 얻을 수 있도록 한 것이다.

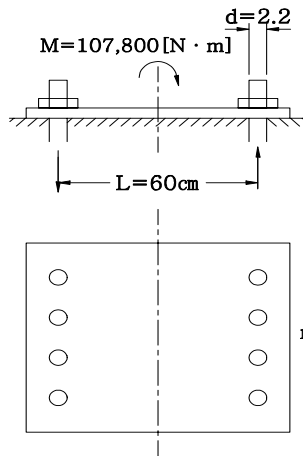
(4) 앵커볼트의 인발

- ① 힘에 의한 인장력을 부담하는 앵커볼트에는, 좌금을 이용한 이중 너트 기타 방법에 의해, 이완되지 않게 함과 동시에 앵커볼트가 기초에서 빠지지 않도록 한다.

<식 (40)>은 기초볼트와 콘크리트 부착력만으로 응력을 부담시키려는 것이며, 이 경우에는 볼트 직경을 크게 잡을지, 또는 장대볼트를 필요로 하고, 만약 인장력에 대해 허용응력 한도까지의 볼트를 사용하면 일반적으로 40~50d(d는 볼트의 호칭경)의 매입깊이를 필요로 한다고 말하고 있다.

- ② 지금, 해설 <식 (40)>에 의해 다음 예제에 볼트매입깊이  $\ell$ 을 산출해 보면





$$\ell = \frac{M}{\mu \pi d n L}$$

$$= \frac{10.780.000}{49 \times 3.14 \times 2.2 \times 4 \times 60}$$

$$\approx 133 \text{ [cm]}$$

$\mu$  : 앵커볼트와 콘크리트의 허용부착강도

49 [N/cm<sup>2</sup>]

d : 볼트의 유효지름 [cm]

L : 상대하는 볼트의 간격 [cm]

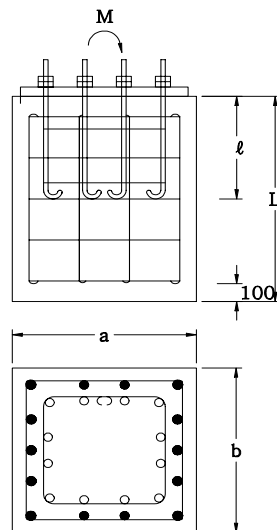
n : 인장측 소요볼트 개수

M : 지면경계에서 전주의 굽힘모멘트 [N·cm]

매입볼트의 선단에 혹(Hook)을 붙인 경우는 이 부분에서 1/3의 하중을 부담한다고 하지만, 이 경우라도 약 90cm 정도의 매입길이를 필요로 한다.

따라서 고가, 옹벽등에서 철주 및 강관주로 할 때에는, 하중, 볼트치수, 볼트위치 등의 조건을 제시하고, 토목측으로 시공 위탁하여 구조물의 콘크리트 타입과 동시에 시공하는 것이 바람직하다. 이 경우에는, 볼트의 선단에 앵커플레이트 또는 앵커칩을 설치하여 콘크리트 속에 매입되는 것이 보통이다.

- ③ 일반 철주기초 등에서 앵글을 저부까지 넣는 대신에, 좌판부로서 볼트 매입방식 기초로 한 경우, 앞에서 제시한 장대한 기초 볼트를 필요로 하고, 또한 기초부에는 휨응력이 작용하도록 철근 콘크리트 기초로 하지 않으면 안 된다.



(주) a.b.L은 전주기초의 계산식에 의해 결정한다.



④ 콘크리트의 허용압축강도 및 콘크리트와 철근의 부착강도는 다음과 같다.

[단위 : N/cm<sup>2</sup>]

콘크리트의 압축강도		1,764	2,352	2,940	3,920
허용압축강도	철근있음	686	882	1,078	1,372
	철근없음	콘크리트의 압축강도 $\times \frac{1}{4}$ 및 55이하			
콘크리트와 철근의 부착강도	환 강	68	78	88	98
	이형철근	137	157	176	196

콘크리트와 철근의 부착강도는 표준에서는, 건주시의 충격이나 건주후의 미진동 등을 고려하여 일률로 49[N/cm<sup>2</sup>]로 한 것이지만, 아연 도금을 한 철근에는 부착강도는 다시 작아지므로, 아연도금은 기초 콘크리트에서 노출된 부분에만 하도록 한다.

또한 건주시에는, 될 수 있는 한 기초 볼트에 충격을 주지 않도록 하지 않으면 안 된다.

⑤ 해설 <식 (40)>은, 전주용 기초볼트 뿐만이 아니라, 일반매입 볼트에도 적용되지만, 터널내 등에서 애자를 조가 할 경우등은 볼트는 부식 등을 고려하여 하중에 대해 볼트의 직경을 크게 설계하는 것이 보통이므로, 볼트의 강도에서 실하중에 대해 매입깊이를 산정하면 된다.

이 경우의 계산식은 해설 <식 (40)>의  $\frac{M}{L}=T$ 로 두고

$$\ell = \frac{T}{\mu \pi d} \quad [\text{cm}] \quad (49)$$

T : 볼트 1본에 가해지는 인장력 [N]

또한, 매입볼트에는, 코치 스크류 볼트(coach screw bolt) 또는 이형철근 볼트 등을 사용하는 것이 바람직하다.

또한 볼트를 뒤에 매입할 때는, 모르타르 양생 등의 시공관리를 충분히 하여야 한다.

## [계산 예]

### 1. 철주기초

앵커볼트 M22=3.03 [cm] ----- 나사부 유효단면적  $\left( \frac{\pi}{4} d^2 \right)$

수직하중 N=19,600 [N]

전도(轉倒)모멘트 M=107,800 [N · m]

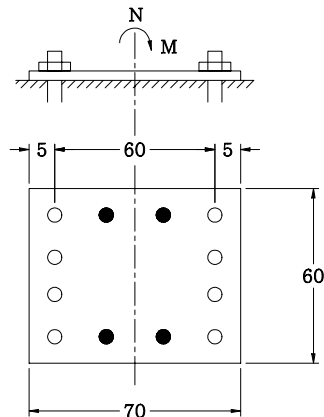
- 표를 붙인 앵커볼트는 무시한다.

(1) 설계표준에 의한 계산

$$n = \frac{10,780,000}{16,170 \times 3.03 \times 60} = 3.67 \approx 4(\text{본})$$

$$P = \frac{10,780,000}{60} = 179,666 \text{ [N]} < 3.03 \times 4 \times 16,170$$

$$= 195,980 \text{ [N]} \text{ ----- 적합}$$



(2) 반력분포를 구하는 식에 의한 계산

$$e = \frac{107,800,000}{19,600} = 550 \text{ [cm]} > \frac{70}{6} + \frac{5}{3} = 13.3 \text{ [cm]}$$

따라서 (3)항을 적용한다.

$$k^2 + 3\left(550 - \frac{70}{2}\right)k^2 - \frac{6 \times 15 \times 3.03 \times 4}{60} \left(550 + \frac{70}{2} - 5\right)(70 - 5 - k) = 0$$

이것을 풀어

$$k \approx 17.8 \text{ [cm]} \quad k/3 \approx 5.9 \text{ [cm]}$$

$$P' = \frac{19,600 \left(550 - \frac{70}{2} + 5.9\right)}{70 - 5 - 5.9} = 172,751 \text{ [N]} < P < 195,980 \text{ [N]} \text{ ----- 적합}$$

(3) 다음에 <식 (19)>에 의해  $\sigma_c$ 를 계산해 본다.

$$\sigma_c = \frac{2 \times 19,600 \left(550 + \frac{70}{2} - 5\right)}{60 \times 17.8 (70 - 5 - 5.9)} = 360 \text{ [N/cm}^2\text{]} < 539 \text{ [N/cm}^2\text{]} \text{ ----- 적합}$$

※ 콘크리트의 허용압축강도표 참조



## 해설 2. 지지물의 적용기준

### 1. 일반철도의 지지물 적용

전차선로 지지물은 전철 전력설비 및 정보통신 설비공사 설계표준(철도청 전기본부 2000. 6), 전철 지지물 구조개선 추진용역(철도청 2001. 9), 6~9선용 복주형태의 빔을 이단빔으로 변경할 경우 구조검토보고서(삼정 EMC 주식회사 2003. 6) 및 전차선로 지지물기준(안)(한국철도시설공단 2004.10.22)을 인용하여 H형강주 및 강관주를 사용기준을 정하였고 특수개소는 조립철주를 사용한다. 다만, 한국철도시설공단에서 시행한 “전철주 기초 설계를 위한 저항모멘트 산정연구(2010.05)”에 의해 개발된 설계프로그램을 이용하여 기초를 설계한 경우는 그 결과를 적용한다.

#### 1.1 단독주 적용기준

[9m 기준]

구 분		선 조 건	토공구간	토공구간 강관주		교량구간 및 특수개소
			H형강주	고배선 첨가	고배선 미첨가	
일반 및 평행 개소	해 심 비 플	직 선	H-250	P-10"	P-10"	1. 일반개소 조립철주 L75×300×400 2. 평행개소 조립철주 L90×450×450
		곡 선	H-300	P-12"	P-10"	
	심 플	직 선	H-250	P-10"	P-10"	
		곡 선	H-250	P-12"	P-10"	
인류 개소	해 심 비 플	직 선	H-250	P-10"	P-10"	조립철주 L90×450×450
		곡 선	H-300	P-12"	P-10"	
	심 플	직 선	R=1000m초과 H-250	P-10"	P-10"	
		곡 선	R=1000m까지 H-300	P-12"	P-10"	

※ 1. 토공구간의 평행개소에서 평행틀을 사용할 경우 전주의 규격을 한 단계 높여 사용한다.

2. 전주는 9[m]를 기준으로 하였으며 9[m] 초과시는 별도의 강도를 계산한다.

## 1.2 문형주 및 빔 적용기준

### ① 빔의 규격

빔호칭	H형강주		조립철주		강관주			
	전주	빔	전주	빔	선용	강관주	강관빔	4각빔
1선용 ~ 4선용	H-300×9m	4각 트러스빔 L65×300×500	L75×300 ×400×9m	4각 트러스빔 L65×300×500	2선용	P-10"	P-10"	4각 트러스빔 L65×300×500
					3선용	P-10"	P-10"	4각 트러스빔 L65×300×500
					4선용	P-12"	P-12"	4각 트러스빔 L65×300×500
5선용	H-300×9m	4각 트러스빔 L75×300×600	L75×300 ×400×9m	4각 트러스빔 L75×300×600	5선용	P-14"	P-14"	4각 트러스빔 L75×300×600
6선용 ~ 9선용			L90×450 ×450×9m	4각 트러스 라멘빔 L90×450×1000	6선용	P-14"	2단빔 P-12"	4각 트러스라멘빔 L90×450×1000
					7선용	P-16"	2단빔 P-12"	4각 트러스라멘빔 L90×450×1000
					8선용	P-18"	2단빔 P-14"	4각 트러스라멘빔 L90×450×1000
					9선용	P-18"	2단빔 P-16"	4각 트러스라멘빔 L90×450×1000

※ 강관주는 평행개소 및 건널선 등이 추가될 경우 선용을 추가하여 적용한다.

### ② 전철주 규격

적용규격	명칭	규격	
		H형강 및 원형강관(SM 490)	원형강관(STKT 590)
H-250	H형강	250×250×9×14	-
H-300	H형강	300×300×10×15	-
P-10"	원형강관	267.4×9t	267.4×7t
P-12"	"	318.5×9t	318.5×7t
P-14"	"	355.6×9t	355.6×7t
P-16"	"	406.4×9t	406.4×7t
P-18"	"	457.2×9t	457.2×7t
P-20"	"	500 ×9t	500 ×7t
P-22"	"	558.8×9t	558.8×7t

## 1.3 기초의 적용기준

### (1) 강관주

기초의 높이는 지면에서 매입되는 높이임으로 시공시 지면에서 돌출[200mm]될 경우 돌출 높이를 가산하여 설계하여야 한다.



① 단독주(토공구간) : 9m 전주(고압 배전선로 취부시)

경 간 [m]			50			40			30			20		
곡선반경 [R]			1,000			500			300			200		
지형계수 [K]			0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
일 반 개 소	원형 기초	3톤계	R35	R28	R25	R38	R28	R25	R38	R30	R28	R38	R30	R28
		2톤계	R33	R25	R23	R33	R25	R23	R35	R28	R25	R35	R28	R25
	4각 기초	3톤계	F32	E25	D23	H30	F25	D25	I30	G25	E25	I30	G25	E25
		2톤계	F28	D23	D20	G28	D23	D23	H28	E25	D23	H28	E25	D23

② 단독주(토공구간) : 9m 전주(고압 배전선로 미취부시)

경 간 [m]			50			40			30			20		
곡선반경 [R]			1,000			500			300			200		
지형계수 [K]			0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
일 반 개 소	원형 기초	3톤계	R30	R25	R23	R33	R25	R23	R35	R28	R25	R35	R28	R25
		2톤계	R28	R23	R20	R30	R23	R20	R33	R25	R23	R33	R25	R23
	4각 기초	3톤계	D28	D23	D23	D30	D23	D23	D30	D25	D23	D30	D25	D23
		2톤계	D25	D20	D18	D28	D20	D18	D28	D23	D20	D28	D25	D20

③ 강관 문형빔주(토공구간) : 9m 전주(고압배전선로 취부시)

경 간 [m]			50			40			30			20		
곡선반경 [R]			1000m			500m			300m			200m		
지형계수 [K]			0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
2선용	원형 기초	3톤계	R25	R20	R20	R28	R23	R20	R28	R23	R20	R28	R23	R20
		2톤계	R25	R20	R17	R25	R20	R17	R28	R20	R20	R25	R20	R20
	4각 기초	3톤계	F22	E18	D18	H21	F20	D18	I22	G18	E18	I22	G18	E18
		2톤계	F20	D18	D15	G21	D18	D18	H21	E18	D18	H21	E18	D18
3선용	원형 기초	3톤계	R30	R23	R23	R33	R25	R23	R33	R28	R23	R33	R25	R23
		2톤계	R28	R23	R20	R28	R23	R20	R30	R23	R23	R30	R23	R23
	4각 기초	3톤계	F25	E21	D20	H25	F22	D20	I26	G21	E21	I26	G21	E21
		2톤계	F25	D20	D18	G25	D23	D20	H25	E21	D20	H25	E21	D20
4선용	원형 기초	3톤계	R35	R28	R25	R38	R30	R28	R40	R33	R28	R40	R30	R28
		2톤계	R33	R25	R23	R33	R28	R25	R35	R28	R25	R35	R28	R25
	4각 기초	3톤계	F32	E25	D23	H30	F25	D25	I32	G28	E25	I32	G25	E25
		2톤계	F28	D23	D23	G28	D25	D23	H30	E25	D23	H28	E25	D23
5선용	4각	3톤계	MB9	MB4	MB3	MB10	MB5	MB4	MB12	MB6	MB5	MB12	MB6	MB4
	기초	2톤계	MB7	MB4	MB3	MB8	MB4	MB3	MB9	MB4	MB3	MB8	MB4	MB3
6선용	4각	3톤계	MB13	MB6	MB5	MB17	MB7	MB6	MB20	MB8	MB6	MB18	MB7	MB6
	기초	2톤계	MB10	MB5	MB4	MB11	MB6	MB4	MB12	MB6	MB5	MB12	MB6	MB4
7선용	4각	3톤계	MB20	MB8	MB6	MB26	MB9	MB7	MB34	MB10	MB8	MB31	MB10	MB7
	기초	2톤계	MB13	MB6	MB5	MB17	MB7	MB5	MB18	MB7	MB6	MB17	MB7	MB6
8선용	4각	3톤계	MB22	MB11	MB8	MB24	MB12	MB10	MB33	MB15	MB11	MB33	MB15	MB11
	기초	2톤계	MB23	MB8	MB7	MB26	MB9	MB7	MB34	MB10	MB8	MB31	MB10	MB7
9선용	4각	3톤계												
	기초	2톤계												

④ 강관 문형빔주 (토공구간) : 9m 전주 (고압배전선로 미취부시)

경 간 [m]			50			40			30			20		
곡선반경 [R]			1000m			500m			300m			200m		
지형계수 [K]			0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
2선용	원형 기초	3톤계	R23	R20	R17	R25	R20	R17	R28	R20	R20	R25	R20	R20
		2톤계	R23	R17	R17	R23	R17	R17	R23	R20	R17	R23	R17	R17
	4각 기초	3톤계	D23	D18	D15	D23	D18	D18	D23	D18	D18	D23	D18	D18
		2톤계	D20	D15	D15	D20	D15	D15	D20	D18	D15	D20	D18	D15
3선용	원형 기초	3톤계	R28	R23	R20	R30	R23	R23	R33	R25	R23	R30	R25	R23
		2톤계	R28	R20	R20	R28	R23	R20	R28	R23	R20	R28	R23	R20
	4각 기초	3톤계	D25	D20	D18	D28	D23	D20	D28	D23	D20	D28	D23	D20
		2톤계	D23	D18	D18	D25	D18	D18	D25	D20	D18	D25	D20	D18
4선용	원형 기초	3톤계	R35	R28	R25	R40	R28	R25	R38	R30	R28	R38	R30	R28
		2톤계	R33	R25	R23	R33	R25	R23	R33	R25	R23	R33	R25	R23
	4각 기초	3톤계	E30	D25	D23	G32	D28	D25	G32	R28	D25	F32	D28	D25
		2톤계	D30	D23	D20	D30	D23	D23	D30	D23	D23	D30	D23	D23
5선용	4각 기초	3톤계	MB7	MB3	MB2	MB7	MB4	MB3	MB9	MB4	MB3	MB8	MB4	MB3
		2톤계	MB5	MB2	MB2	MB6	MB2	MB2	MB8	MB4	MB3	MB7	MB4	MB2
6선용	4각 기초	3톤계	MB12	MB6	MB5	MB15	MB7	MB5	MB18	MB7	MB6	MB17	MB7	MB6
		2톤계	MB10	MB5	MB4	MB10	MB5	MB4	MB11	MB5	MB4	MB10	MB5	MB4
7선용	4각 기초	3톤계	MB18	MB7	MB6	MB23	MB8	MB6	MB27	MB9	MB6	MB26	MB9	MB7
		2톤계	MB13	MB6	MB5	MB15	MB6	MB5	MB15	MB7	MB5	MB13	MB6	MB5
8선용	4각 기초	3톤계	MB22	MB11	MB8	MB24	MB13	MB9	MB30	MB15	MB10	MB28	MB13	MB10
		2톤계	MB23	MB8	MB7	MB27	MB9	MB7	MB29	MB9	MB7	MB26	MB9	MB7
9선용	4각 기초	3톤계												
		2톤계												



## (2) H형강주 기초

### ① 경간별 기초 적용

경 간 [m]		50															40			30		
곡선반경 [R]		R>3000			3000>R>2000			2000>R>1600			1600>R>1200			1200>R>800			800>R>500			500>R>300		
지형계수 [K]		0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
일반 개소	헤비	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>
	심플	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>
평행 개소	헤비	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>
	심플	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>
인류 개소	헤비	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>2</sub>
	심플	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>

※ H형강주는 좌판식 기초 적용

앵커볼트 규격 : H250용 M36×2100×4개

H300용 M36×2100×6개

좌 판 규 격 : 19t×670×620

## (3) 철주기초

철주기초는 표준도에 의한다.

## (4) 기초의 표기방법

신규 기초의 높이는 지면에 매입되는 높이임으로 시공시 지면에서 돌출[200mm]될 경우 돌출 높이를 가산하여 시공하여야 한다.

### ① 원형기초 (ψ750)

적용규격	매설깊이 [m]	비 고	적용규격	매설깊이 [m]	비 고
R17	1.7		R20	2.0	
R23	2.3		R25	2.5	
R28	2.8		R30	3.0	
R33	3.3		R35	3.5	
R38	3.8		R40	4.0	



## ② 사각기초 (강관주용)

[단위 : m]

적용규격	가로	세로	매설깊이	비고	적용규격	가로	세로	매설깊이	비고
D15	0.9	0.9	1.5		D18	0.9	0.9	1.8	
D20	0.9	0.9	2.0		D23	0.9	0.9	2.3	
D25	0.9	0.9	2.5		D28	0.9	0.9	2.8	
D30	0.9	0.9	3.0						
E18	1.0	1.0	1.8		E21	1.0	1.0	2.1	
E25	1.0	1.0	2.5		E30	1.0	1.0	3.0	
F20	1.1	1.1	2.0		F22	1.1	1.1	2.2	
F25	1.1	1.1	2.5		F28	1.1	1.1	2.8	
F32	1.1	1.1	3.2						
G18	1.2	1.2	1.8		G21	1.2	1.2	2.1	
G25	1.2	1.2	2.5		G28	1.2	1.2	2.8	
G32	1.2	1.2	3.2						
H21	1.3	1.3	2.1		H25	1.3	1.3	2.5	
H28	1.3	1.3	2.8		H30	1.3	1.3	3.0	
I22	1.4	1.4	2.2		I26	1.4	1.4	2.6	
I30	1.4	1.4	3.0		I32	1.4	1.4	3.2	
MB1	1.4	1.6	1.8		MB2	1.4	1.6	2.1	
MB3	1.4	1.6	2.3		MB4	1.4	1.6	2.5	
MB5	1.4	1.6	2.7		MB6	1.4	1.7	2.9	
MB7	1.4	1.8	3.0		MB8	1.4	2.1	3.0	
MB9	1.4	2.4	3.0		MB10	1.4	2.7	3.0	
MB11	1.4	3.0	3.0		MB12	1.4	3.3	3.0	
MB13	1.6	3.6	3.0		MB14	1.4	3.6	3.4	
MB15	1.4	3.9	3.0		MB16	1.4	3.8	3.2	
MB17	1.4	4.2	3.0		MB18	1.4	4.5	3.0	
MB19	1.4	4.4	3.4		MB20	1.4	4.8	3.0	
MB21	1.4	4.7	3.2		MB22	1.4	5.0	3.4	
MB23	1.4	5.2	3.0		MB24	1.4	5.4	3.4	
MB25	1.4	5.5	3.2		MB26	1.4	5.5	3.0	
MB27	1.4	5.7	3.0		MB28	1.4	5.7	3.4	
MB29	1.4	5.8	3.0		MB30	1.4	5.9	3.4	
MB31	1.4	6.0	3.0		MB32	1.5	5.0	3.0	
MB33	1.5	6.0	3.4		MB34	1.6	6.0	3.0	



### ③ 4각기초 (H형강주용)

[단위 : m]

적용규격	가 로	세 로	매설깊이	비 고
B <sub>0</sub>	0.9	0.9	2.1	
B <sub>1</sub>	1.0	1.0	2.1	
B <sub>2</sub>	1.1	1.1	2.2	
B <sub>3</sub>	1.2	1.2	2.2	
B <sub>4</sub>	1.3	1.3	2.2	
B <sub>5</sub>	1.8 (0.9)	1.8 (0.9)	2.5	( ) 하부

## 2. 고속철도의 지지물 적용

### 2.1 단독주 적용기준

#### (1) 일반개소

일반개소인 경우 곡선반경 및 설치조건에 따라 최대합성모멘트를 계산하여 적용한다.

#### ① 전주 외곡선

설 비	반 경 [m]									
	Alignm	R≥ 2000	2000 > R≥ 1000	1000 > R≥ 700	700 > R≥ 400	400 > R≥ 200	200 > R≥ 100	100 > R≥ 75	75 > R≥ 50	50 > R≥ 40
토 공 개 소	250 × 250								250 × 255	
흐름방지 인류	250 × 250								250 × 255	
흐름방지 중앙	250 × 250									
평행개소 인류	250 × 255							300 × 305		/
평행개소 입·출개소	300 × 305						310 × 305		/	
평행개소 중앙	250 × 255						300 × 305		/	
전기적 평행개소 인류	250 × 255						300 × 305			
전기적 평행개소 입·출개소	300 × 305			310 × 305						
전기적 평행개소 중앙	250 × 250		250 × 255				300 × 305			

## ② 전주내곡선

설비	반경 [m]								
	R≥ 20000	20000 > R≥ 10000	10000 > R≥ 7000	7000 > R≥ 4000	4000 > R≥ 2000	2000 > R≥ 1000	1000 > R≥ 750	750 > R≥ 500	500 > R≥ 400
토공개소	250 × 250								250 × 255
흐름방지 인류	250 × 250								
흐름방지 중앙	250 × 250					250 × 255			
평행개소 인류	250 × 255								/
평행개소 입·출개소	300 × 305					310 × 305			/
평행개소 중앙	250 × 250			250 × 255					/
전기적 평행개소 인류	250 × 255								
전기적 평행개소 입·출개소	300 × 305				310 × 305				
전기적 평행개소 중앙	250 × 250			250 × 255					

## (2) 노출개소

노출개소인 경우 곡선반경 및 설치조건에 따라 최대합성모멘트를 계산하여 적용한다.

### ① 전주의곡선

설비	반경 [m]									
	Align m	R≥ 20000	20000 > R≥ 10000	10000 > R≥ 7000	7000 > R≥ 4000	4000 > R≥ 2000	2000 > R≥ 1000	1000 > R≥ 750	750 > R≥ 500	500 > R≥ 400
토공개소	250 × 250								250 × 255	
흐름방지 인류	250 × 250							250 × 255		
흐름방지 중앙	250 × 250									
평행개소 인류	250 × 255						300 × 305		/	/
평행개소 입·출개소	300 × 305	310 × 305							/	/
평행개소 중앙	250 × 255						300 × 305		/	/
전기적 평행개소 인류	250 × 255					300 × 305				
전기적 평행개소 입·출개소	310 × 305									
전기적 평행개소 중앙	250 × 255						300 × 305			



## ② 전주내곡선

설비	반경 [m]								
	R≥ 20000	20000 > R≥ 10000	10000 > R≥ 7000	7000 > R≥ 4000	4000 > R≥ 2000	2000 > R≥ 1000	1000 > R≥ 750	750 > R≥ 500	500 > R≥ 400
토공개소	250 × 250								250 × 255
흐름방지 인류	250 × 250								
흐름방지 중앙	250 × 250					250 × 255			
평행개소 인류	250 × 255							/	/
평행개소 입·출개소	300 × 305					310 × 305		/	/
평행개소 중앙	250 × 255							/	/
전기적 평행개소 인류	250 × 255								
전기적 평행개소 입·출개소	300 × 305		310 × 305						
전기적 평행개소 중앙	250 × 255								

## 2.2 문형주 및 빔 적용기준

문형주 및 빔의 적용기준은 빔의 길이에 따라 최대합성모멘트를 계산하여 적용한다.

빔 길 이	H 형 강 주	조 립 철 주
19.8m 이하	300 × 305	-
19.8m 이상	-	ㄷ 300 × 500

표 19. 전 주 규 격

적 용 규 격	명 칭	규 격
H-250	H형강	250×250×9×14
H-250	H형강	250×255×14×14
H-300	H형강	300×305×15×15
H-310	H형강	310×305×15×20
ㄷ-300	ㄷ형강	300×90×10

## 2.3 기초의 적용기준

### (1) H형강주

H형강주기초의 적용은 지면에서 매입되는 높이이므로 시공시 지면에서 돌출될 높이를 가산하여 최대합성모멘트를 계산하여 적용한다.

### ① 원형기초(C형)

[단위 : kgf·m]

기초형별		C 2.2			C 2.4			C 2.6			C 2.8			C 3.0		
K		0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
So	0.75	2.372	3.594	4.745	2.810	4.684	5.621	3.286	5.477	6.573	3.800	6.334	7.601	4.352	7.254	8.705
	1.0	3.163	5.273	6.327	3.747	6.246	7.495	4.382	7.303	8.764	5.067	8.446	10.135	5.803	9.672	11.607
	1.2	3.796	6.327	7.593	4.497	7.495	8.994	5.258	8.764	10.517	6.081	10.135	12.162	6.964	11.607	13.928
		2.2	2.2	2.2	2.4	2.4	2.4	2.6	2.6	2.6	2.8	2.8	2.8	3.0	3.0	3.0

### ② 사각기초(S형)

[단위 : kgf·m]

기초형별		C 2.4			C 2.6			C 2.8			C 3.0		
K		0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2	0.6	1.0	1.2
So	0.75												
	1.0												
	1.2												
		2.4	2.4	2.4	2.6	2.6	2.6	2.8	2.8	2.8	3.0	3.0	3.0



### ③ Feeder Inside

[단위 : kgf·m]

장주별	일 반 개 소							노 출 개 소		
	직 선	외 곡 선			내 곡 선			직 선	외곡선	내곡선
		R>20000	20000> R ≥10000	1000>R ≥7000	R>2000 0	20000> R ≥10000	1000>R ≥7000		1000>R ≥7000	1000>R ≥7000
일반개소	10300 C 3.0	10510 C 3.0	10660 C 3.0	10780 C 3.0	10100 C 2.8	9880 C 2.8	9680 C 2.8	12390 S 2.4	12150 S 2.4	11230 S 2.4
흐름방지개소 (인류주)	10780 C 3.0	11040 C 3.0	11240 C 3.0	11410 C 3.0	10520 C 3.0	10230 C 3.0	9970 C 2.8	13910 S 2.6	13900 S 2.6	12620 S 2.4
흐름방지개소 (중심주)	-10970 C 3.0	-10840 C 3.0	-10660 C 3.0	-10500 C 3.0	-11090 C 3.0	-11170 C 3.0	-11220 C 3.0	-13570 S 2.6	-12890 S 2.4	-13300 S 2.6
평행개소(A,J) (인류주)	14310 S 2.6	14520 S 2.6	14710 S 2.6	14970 S 2.6	13880 S 2.6	13530 S 2.6	13220 S 2.6	17970 S 3.0	18390 S 3.0	15650 S 2.8
평행개소(A,J) (중간주)	-13080 S 2.6	-12660 S 2.4	-12390 S 2.4	-12250 S 2.4	-12940 S 2.4	-13000 S 2.4	-13110 S 2.6	-15840 S 2.8	-15380 S 2.8	-16000 S 2.8
평행개소(A,J) (중심주)	14160 S 2.6	13720 S 2.6	13970 S 2.6	14210 S 2.6	13150 S 2.6	12900 S 2.4	12660 S 2.4	15990 S 2.8	16700 S 2.8	15280 S 2.8
평행개소(A,S) (인류주)	14420 S 2.6	14750 S 2.6	14990 S 2.6	15180 S 2.8	14100 S 2.6	13790 S 2.6	13440 S 2.6	18210 S 3.0	18620 S 3.0	15860 S 2.8
평행개소(A,S) (중간주)	-13170 S 2.6	-13020 S 2.4	-12850 S 2.4	-12640 S 2.4	-13310 S 2.6	-13470 S 2.6	-13300 S 2.6	-16260 S 2.8	-15590 S 2.8	-16110 S 2.8
평행개소(A,S) (중심주)	13440 S 2.6	13720 S 2.6	13970 S 2.6	13420 S 2.6	13150 S 2.6	12900 S 2.4	11990 S 2.4	15990 S 2.8	15660 S 2.8	14410 S 2.6

#### ④ Feeder Outside

[단위 : kgf·m]

장주별	일 반 개 소							노 출 개 소		
	직 선	외 곡 선			내 곡 선			직 선	외곡선	내곡선
		R>2000 0	2000>R ≥10000	1000>R ≥7000	R>20000	20000>R ≥10000	1000>R ≥7000		1000>R ≥7000	1000>R ≥7000
일반개소	7450 C 2.4	7620 C 2.6	7760 C 2.6	7870 C 2.6	7270 C 2.4	7050 C 2.4	6850 C 2.4	8900 C 2.8	8690 C 2.6	7840 C 2.6
흐름방지개소 (인류주)	8800 C 2.8	9040 C 2.8	9220 C 2.8	9390 C 2.8	8560 C 2.6	8290 C 2.6	8030 C 2.6	10410 C 3.0	10430 C 3.0	9220 C 2.8
흐름방지개소 (중심주)	-8820 C 2.8	-8710 C 2.6	-8540 C 2.6	-8390 C 2.6	-8920 C 2.8	-9000 C 2.8	-9040 C 2.8	-10680 C 3.0	-10050 C 2.8	-10400 C 3.0
평행개소(A,J) (인류주)	12000 S 2.4	12240 S 2.4	12410 S 2.4	12660 S 2.4	11630 S 2.4	11290 C 3.0	10990 C 3.0	14130 S 2.6	14550 S 2.6	12960 S 2.4
평행개소(A,J) (중간주)	-11010 C 3.0	-10630 C 3.0	-10380 C 3.0	-10260 C 3.0	-10890 C 3.0	-10950 C 3.0	-11020 C 3.0	-13130 S 2.6	-12690 S 2.4	-13820 S 2.6
평행개소(A,J) (중심주)	10830 C 3.0	10440 C 3.0	10670 C 3.0	10900 C 3.0	9890 C 2.8	9660 C 2.8	9430 C 2.8	11940 S 2.4	12600 S 2.4	11270 C 3.0
평행개소(A,S) (인류주)	12160 S 2.4	12470 S 2.4	12690 S 2.4	12900 S 2.4	11850 S 2.4	11550 C 3.0	11240 C 3.0	14390 S 2.6	14820 S 2.6	13210 S 2.6
평행개소(A,S) (중간주)	-11130 C 3.0	-10990 C 3.0	-10840 C 3.0	-10660 C 3.0	-11260 C 3.0	-11410 C 3.0	-11250 C 3.0	-13540 S 2.6	-13050 S 2.6	-13440 S 2.6
평행개소(A,S) (중심주)	10170 C 3.0	10440 C 3.0	10680 C 3.0	10170 C 3.0	9900 C 2.8	9670 C 2.8	8830 C 2.8	11930 S 2.4	11650 S 2.4	10470 C 3.0



## RECORD HISTORY

- Rev.0(12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둠.
- Rev.4(13.11.25) 고속철도 등 전차선로 시공기준 개선을 위한 기술검토결과를 반영하여 빔하스펜션방식의 설계개소를 명확히 하여 개정함.  
기술본부(전철전력처) 개정의견 및 자문회의, 운영기관 합동회의(추선)를 반영함