

154KV 6회선 교차철탐의 건설

보 고
20~1~1

이 오 영* 김 기 택*

1. 서 론

급증하는 전력수요를 충족시키기 위하여 민간자본의 전원개발사업에의 참여를 적극권장하는 정부시책에 호응하여 동해전력에서는 경남 울산시 근교에 시설용량 220MW×3=660MW의 新統 汽力發電所를 건설하였고 본발전소에서 출력용 전력 계통에 병입시키기 위하여 동해 p/p와 한전의 신울산 s/s간 거리 8.7km에 달하는 송전선을 건설하게 된 것이다.

송전선의 일반사양은 표1과 같으며 건설공정에 많은 隘路가 있었으나 그중 다음기술한 사항은 관련업무에 참고가 될것이다. 간과지 선경에 있어서 울산공업단지의 중심부를 통과하므로인한 인근 제공장 및 시설의 관리자로부터 극한의 반대에 봉착하였고 한전의 송변전설비 건설계획과 울산도시계획에 밀접한 관계가 있어 수차의 경과지 변경이 불가피하였고 특히 한전의 신울산 변전소引出地域에서의 한전선로와 교차는 피할수없는 실정이었으므로 해결방안의 하나로써 6회선 교차철탐을 그림 1에 도시한 위치에 건립하기로 한전

과 동해전력실무자간에 합의가 이루어졌다. 양사의 합의에 의하여 동해전력에서는 한전기술진의 협조를 받아 교차철탐의 설계 기준을 작성하고 설계와 제작을 국제전기기업주식회사(대표 김광준)에 의뢰하였으며 건설시공은 더림산업에 위촉 시행하였고 측량 및 공사감리는 한국종합기술공사에서 일부 담당 시행하였다.

본문에 다하고자하는 사항은 설계도서의 승인과정에서 논의되었던 기술상의 문제점과 서독 Siemens및 국내최고기술회관에 협조로 이루어진 설계변경사유를 소개하고자한다.

표 1. (Table 1)

Distance	8.7km
Circuit	2
Conductor	conductor 402.1/52.1×2(Al/st)-Bundle
Tower Number	29
Ground wire	ACSR 95/55 Al/st 2조

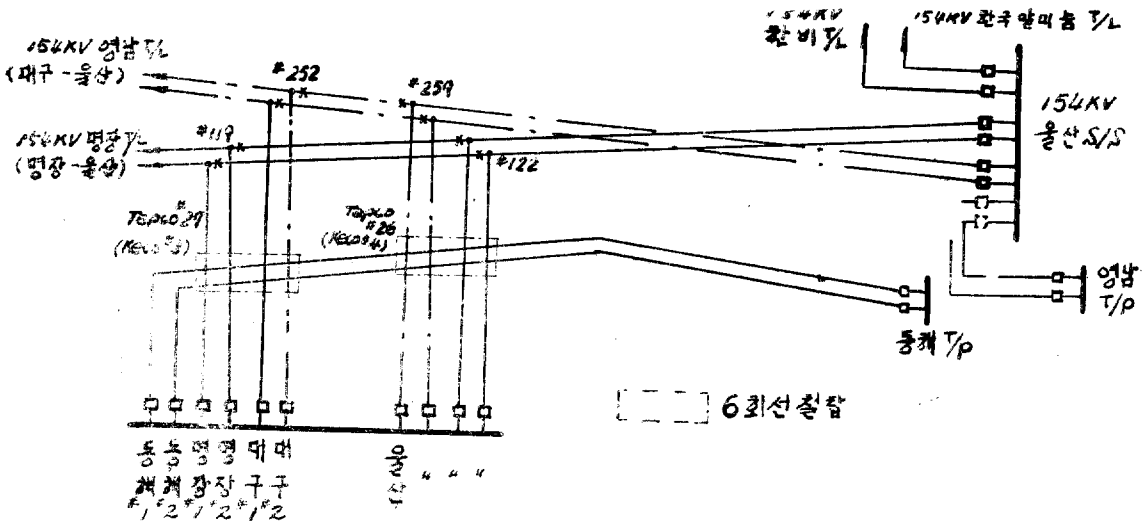


그림 1 (Figure 1)

* 정회원 : 동해전력개발주식회사

2. 설계 기준

당사에서 시행한 측량도면과 한편의 협조에 의거 작성한 설계기준은 그림 2와 같으며 당사가 제시한 기준에 의하여 제작되자는 표2와 같은 설계조건을 산출하고 Stress diagram, Stress table, Skeleton diagram을 작성하여 승인받고자 제출한 바 검토과정에서 荷重의 작용방향과脚的 배치방식을 수정하게 되었던 것이니 당초 시제자의 의향은 동해전력선로와 함천선로의 교

차각도를 산배하여 자체의 경직성을 고려하였으나 風壓, 荷重, 부착물의 입력(Dropper) Torsion등 안전도의 결함이 지적되어 그림 3, 그림 4에서 설명된바같이 변경하게 되고 이에따른 荷重의 계산이 다음에 기술하는 설계계산(例)과 같이 변경되었고 상명량의 철재가 증가되었으며 靑子등 持支物이 추가되었으나 안전도는 한층 보장되었다고 본다. (지면관계로 설계도는 게재하지 못함)

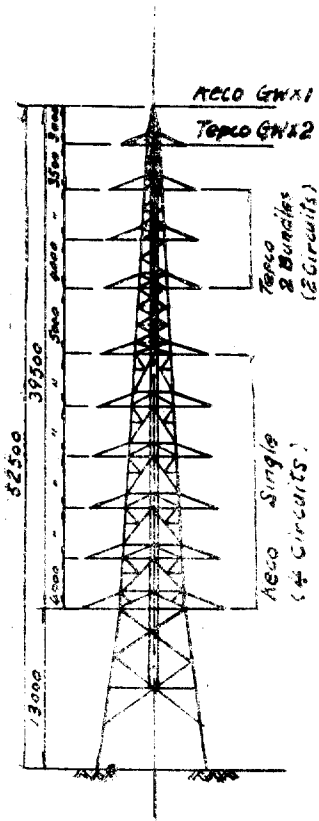


그림 2. (Figure 2)

표 3. (Table 3)
설계내용설명 (Design explanation)

1. General Description

This specification is described of fundamental item to be used for 154KV Tonghae Ulsan Transmission line Tower of 6circuits (2 circuits bundle Conductor, and 4 circuit single Conductor.)

2. Design Condition for Conductor (Original.)

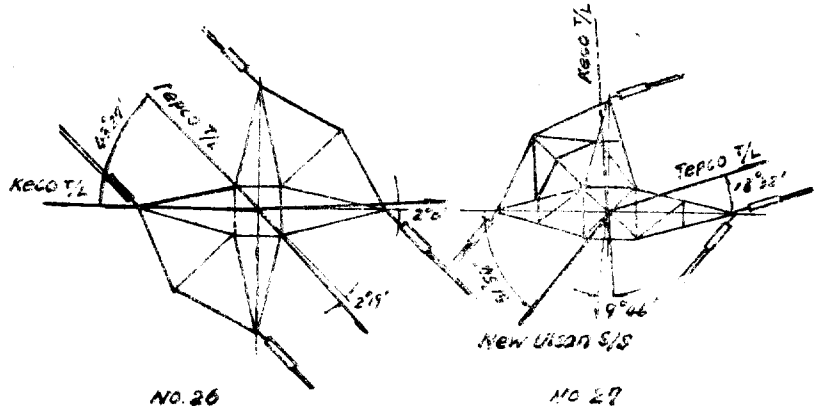


그림 3 (Figure 3)

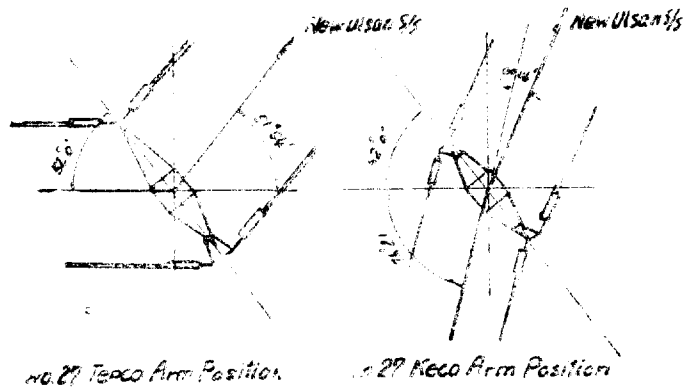


그림 4 (Figure 4)

Conductor	Horizontal Angle
2 Circuits bundle Conductor	51°—54°
4 Circuits single Conductor	9°—46°

3. Design Standard.

The design of this steel towers shall be subject to Japanese Electrical Criterion Standard(JEC-127)

4. Materials

All steel members and bolts to be used for this

steel tower shall be subject to Japanese Industrial standard (JIS) and the quality of materials is as follows:

For member exceeding L 100×100×10 and 3/4" φ bolts, Rolled steel for General structure (JIS-G-3101-1965 class 3, SS-50) shall be used,

for member under L 100×100×7 and 5/8" φ bolts shall be used of Rolled Steel for General Structure (JIS-G-3101-1965, class SS-41).

5. External Loads.

Tower design cases are first classified into two cases; high temperature season and low temperature season. At high temperature season, the wind velocity is assumed 35 meters per second and the wind velocity at low temperature:

25 meters per second with 6mm ice sleet (specific gravity 0.9) around the cables except on

steel tower and insulators.

(1) Wind Pressures

for the both rear and front faces of tower body.

high temperature $P = 0.18V^2 = 220\text{Kg/m}^2$

low temperature $= 0.18V^2 = 110\text{Kg/m}^2$

for the projected area of cables.

high temperature $P = 0.062V^2 = 76\text{Kg/m}^2$

low temperature $= 0.062V^2 = 38\text{Kg/m}^2$

6. Admissible Stresses

New design reflects the admissible stresses for members (compression and tension) and bolts.

Detail figures are as follows.

Allowable Strength (Normal)

(Kg/mm ²)	Tension	Compression	Bending	Shearing material	Bolt	Beam ring
24	1,600	1,000	1,600	900	(SS41) 2,600	1,100
28	1,850	1,850	1,850	1,050	(SS50) 1,300	3,050

(A) Structural member of little eccentric for main post and arm main Compression member (b-curve)

material Thickness λK t (mm)		Allowable Unit Stress 6Ka (Kg/cm ²)
SS 41	t ≤ 16 0 < λk < 105	6ka = 1550 - 23 (λk/100) - 602 (λk/100) ²
	λk ≥ 105	6ka = 950 / (λk/100) ²
	16 < t ≤ 40 0 < λk < 110	6ka = 1500 - 21 (λk/100) - 572 (λk/100) ²
	λk ≥ 100	6ka = 950 / (λk/1000) ²
SS50	t ≤ 16 0 < λk < 100	6ka = 1800 - 28 (λk/100) - 822 (λk/100) ²
	λk ≥ 100	6ka = 950 / (λk/100) ²
	6 < t ≤ 40 0 < λk < 100	6ka = 1750 - 27 (λk/100) - 773 (λk/100) ²
	λk ≥ 100	6ka = 950 / (λk/100) ²

(B) Structural member of much eccentric for bracing member (c-curve)

material Thickness λK t (mm)		Allowable Unit Stress 6ka (Kg/cm ²)
SS41	t ≤ 16 0 < λk < 135	6ka = 1550 - 762 (λk/100)
	λk ≥ 135	6ka = 950 / (λk/100) ²
	16 < t ≤ 40 0 < λk < 140	6ka = 1550 - 725 (λk/100)
	λk ≥ 140	6ka = 950 / (λk/100) ²
SS50	t ≤ 16 0 < λk < 130	6ka = 1800 - 952 (λk/100)
	λk ≥ 130	6ka = 950 / (λk/100) ²
	16 < t ≤ 40 0 < λk < 130	6ka = 1750 - 914 (λk/100)
	λk ≥ 130	6ka = 950 / (λk/100) ²

Calculation of Allowable Unit Stress

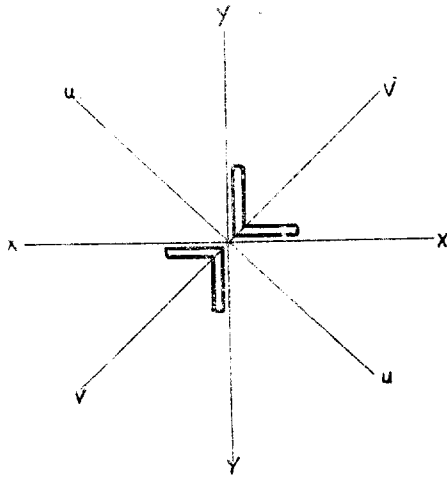
t = Thickness of member (mm)

$$\lambda k = \text{Effective Slenderness ratio} = \frac{lk}{r}$$

Lk = Effective buckling length (cm)

r = Radius of Inertia (cm)

$\bar{\sigma}_a$ = Allowable Unit Stress (Kg/cm²)



(C) Calculation of Strength for main post member

A = Section Area of member (cm²)

d = Distance of Center Gravity (cm)

I = Geomtrical moment of Inertia (cm⁴)

$$I_x = I_y = 2(I_0 + Ad^2) \quad (\text{cm}^4)$$

$$I_u = 2 \{ I_0 + A(\sqrt{2}d)^2 \} \quad (\text{cm}^4)$$

$$I_v = 2I_0 \quad (\text{cm}^4)$$

$$r_x = r_y = \sqrt{\frac{I_x}{2A}} \quad (\text{cm})$$

$$I_u = \sqrt{\frac{I_u}{2A}} \quad (\text{cm})$$

$$I_v = \sqrt{\frac{I_v}{2A}} \quad (\text{cm})$$

P = Strength of Compression on Gross section

$$P = \{ 1750 - 700 \left(\frac{lk}{\sqrt{v}} \right)^2 \} \times 2A \quad (\text{Kg})$$

(D) Allowable strength for SS41

Tension on net section : 1450 kg/cm²

Shear on bolts : 1100 kg/cm²

Bearing on bolts : 2400 "

Bending : 1450 "

(E) Allowable Strength for SS50

Tension on net section : 1750kg/cm²

Shear on bolts : 1300 Kg/cm

Bearing on bolts : 2900 "

Bending : 1750 "

$$l = lk \times 100\%$$

7. Restriction of k/k

Main post : max. 200

Bracing : max. 200

Nominal : max. 250

8. Restriction of thickness of members

Main post : Min. 5mm

Main member of arm : Min. 5mm

The other member : Min. 4mm

표 3 (Table. 3) Loading calculation.

(1) Vertical load	(unit : kg)	
Weight of conductor	TEPCO Line(+)	1,520
	(-)	2,090
	KECO Line(+)	660
	(-)	928
Weight of insulator Hardwares & workingmen		
	TEPCO Line	672
	KECO Line	622
Total weight	TEPCO Line (+)	2,192
	(-)	2,762
	KECO Line (+)	1,282
	(-)	1,550
Weight of G. W(+)		0.707 + 500 + 10 = 364
	(-)	(0.707 + 0.374) × 500 + 10 = 550
(2) Horizontal transversal load		
wind on conductor	TEPCO (+)	2,196
	(-)	1,558
	KECO (+)	1,176
	(-)	838
Wind on G. W	(+) 750	(-) 658
Wind on tower	(+) 220 × 1.1 = 242kg/m ²	(-) 110 × 1.1 = 121kg/m ²
(3) Horizontal longitudinal load		
Pull of conductor	TEP CO Line (-)	4800 × 2 = 9600
	KE CO Line (-)	4370
Pull of G. W	(-)	3640
(4) Angle effect for conductor	TEPCO (-)	8430
	KECO (-)	742
	For G. W TEPCO (-)	3,200
	KECO (-)	620
(5) Torsion G. W (-)	Q ₀ Q ₁Q ₉	
	(4, 160, 13, 380, 11, 080, 9, 400, 3, 750,	

3, 190, 2, 810, 2, 540, 2, 340, 2, 180)

(6) Strength calculation for common main post

a. common moment inertia $I_x = 2I_{m_x} = 2 \times 4490 \text{cm}^4$

$L200 \times 20 : I_{m_x} = 4,490 \text{cm}^4 \quad A = 76.0 \text{cm}^2$

$L200 \times 25 : I_{m_x} = 5,420 \text{cm}^4 \quad A = 93.75 \text{cm}^2$

b. Radius of inertia

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

$L 200 \cdot 20 : R_x = \sqrt{\frac{2980}{2A}} \approx 7.68 \text{cm}$

$L 200 \cdot 20 : R_x = \sqrt{10840/2A} = 7.61 \text{cm}$

표 4 (Table 4) Strength

L 200·20 $R_y = 7.68 \text{cm}$ $l = 150 \text{cm}$ $l/R = 19.6 \text{cm}$
 $2A = 76 \times 2 \text{cm}^2$

$\therefore \text{Strength } P = \left[1750 - 700 \left(\frac{19.6}{100} \right)^2 \right] \times 2A = 261,000 \text{kg}$

$P = \left[1750 - 700 \left(\frac{19.7}{100} \right)^2 \right] \times 2A = 322,000 \text{kg}$

$P = \left[1750 - 700 \left(\frac{30.2}{100} \right)^2 \right] \times 2A = 316,000 \text{kg}$

4. 碍子 및 支技物의 기계적강도

본 철탐에 支持物로 사용되는 絶緣的支物 (한전선로 제외)은 공장 500m, 束導體(454.2×2) 2회선에 적용하는 諸應力등은 다음과 같이 일반선로보다 상당히 크므로 특별히 고려하여야 했다.

*Ultimate strength 34,000kg (75,000 Lbs)

Allowable strength 1,300kg*

상기의 應力에 적합한 碍子 및 金具는 국내시장에서 특별제작구입으로 확보하였다. 碍子は 일본 NGK회사 제품중 CA525MR(25,000 Lb M/E strength)로서 3현으로 강도 75,000Lb를 확보하고 이를 支持하기 위한 Triple string hardware를 가단주철탐제로 제작하여 난제를 해결하였다.

5. 결 론

본 철탐 2기에 소요된 철재는 116.2ton(58.1 ton/L)으로 초중량급이며 기초재로서 cement는 3,815袋, 자갈 415m³, 모래 235m³이 소요되었고 더지단 1基當 85명이

필요하였으며 支持金具 및 碍子가 일반형철탐에 비해 특수하였으며 공사비총액은 약 6,000만원(외자제외)소요되었다.

기술상의 해결되어야 할 과제는 한국에서 사용되고 있는 철탐용 구조강재는 주로 일본산인 SS50과 국산인 SS41로서 서구 선진제국의 저품인 철탐재 ST52σ 및 ST37σ에 비해 강도가 저하된다. 따라서 철탐의 중량이 증대하고 자재비와 공사비가 증가되므로 이점 고려되어야 할 것이다.

철재 강도(kg/cm²)

SS41 (국산)	(인장응력)	1,450
SS50 (일재)	(")	1,750
ST37σ (서독)	(")	2,400
ST52σ (")	(")	3,600

(※ 본Data는 국내 사용되고 있는 자재임)

본 철탐의 완성된 모습은 사진과 같다.

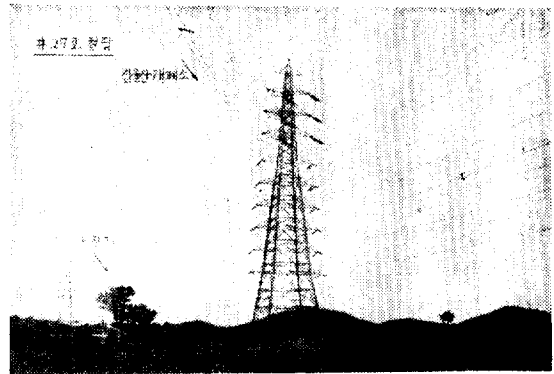


사진. 6회선철탐 #27(6 circuit tower #27)

이상은 설계 및 제작상에 참고될수있는 사항을 기술한 바 설계도를 보지않고는 이해하기 곤란 할 것이다. 전력설비의 중대 경향은 6회선 교차철탐 및 유사한 형태의 중형철탐에 계속 필요 될 것이므로 국내의 기술 및 제작설비를 검토하는 기적이 되기를 위하여 본 철탐의 설계도를 감수하여 주신 학회이사 이재숙선생께 감사하며 제작자와 설계자 김봉수씨에게 사의를 표한다.