

한전 765kV 송전선로 설계의 개요

김우경, 오창호*, 서철수
한국전력공사 송변전건설처 송전전압격상추진팀

A summary of KEPCO 765kV transmission line design

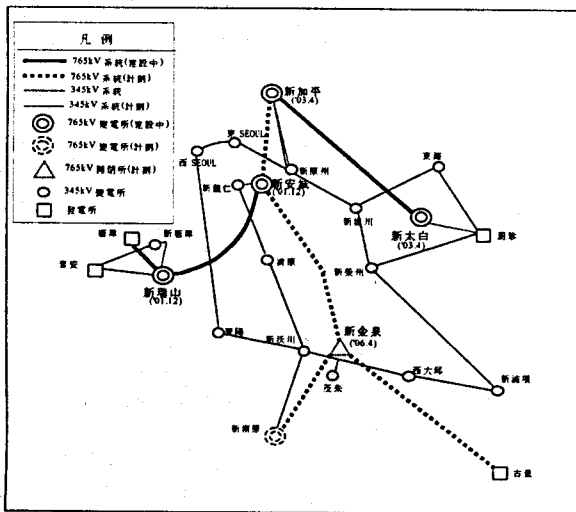
W.K. KIM, C.H. OH*, C.S. SEO
UHV PROJECT TEAM, T&S CONSTRUCTION DEPT. KEPCO

1. 서론

韓國電力公社에서는 電力需要의 增大와 遠距離 大單位發電團地의 大電力 輸送體系를 構築하고 特히 送電線路 經過地 確保難 解消을 爲해 765kV 送電系統을 導入하게 되었고 1段階事業으로 3개 送電線路 및 4개 變電所가 建設中에 있다.

1段階事業의 3個 送電線路는 그림1과 같이 크게 2개 Route 즉 西海岸의 唐津火力 發電所에서부터 首都圈 電力系統의 南部地域인 新安城變電所를 連結하는 西海岸 Route(唐津火力 發電所~新瑞山S/S~新安城S/S)와 東海岸의 蔚珍原子力 發電所에서 首都圈의 東部地域인 新加平變電所를 連結하는 東海岸 Route(蔚珍原子力~345kV T/L~新太白S/S~新加平S/S)로 나누어 建設하고 있다. 韓電의 超高壓 電力系統圖는 그림1과 같다.

그림 1 超高壓 電力系統圖



본 논문에서는 765kV T/L 1段階事業에 適用하고 있는 基本設計의 概略인 檢討內容과 그 結果를 紹介하고 海外 電力會社의 765kV級 送電線路 設計結果와 比較하고자 한다.

2. 본론

2.1. 設備의 概要

現在 工事가 進行中에 있는 765kV 1段階 送電線路는 總 延長 333.5km, 2回線 線路로 當社 常用線路로서는 처음으로 鋼管鐵塔을 適用하였고, 實證線路의 環境障害 測定 등을 通해 鋼心알미늄線 480mm²×6導體 方式을 採用하였다.

765kV 送電線路의 設備의 概要는 表1과 같다.

表 1 765kV T/L 設備의 概要

區分	唐津火力T/L	新瑞山T/L	新太白T/L
全長	39.12km	136.96km	157.44km
支持物	90基	259基	317基
懸垂碍子	280mm, 280mm-fog, 320mm, 320mm-fog, 340mm		
電線	種類	ACSR/AW 480mm ²	ACSR 480mm ² (Cardinal)
	條數	相當 6條	
	熱容量	7,300MW(回線當)	
架空地線	種類	AWS 200mm ² , OPGW 200mm ²	
	導電率	40%	30%
	條數	計2條	

2.2. 絶緣設計

本線路의 絶緣設計 方案으로는 系統에 發生하는 内部 異狀電壓에 對해서는 原則的으로 閃絡이 일어나지 않도록 하였으며, 雷擊 등 外部異狀電壓에 對하여는 適切한 信賴性을 維持하도록 하였다. 目標事故率을 0.35回/(100km/年)로 設定하고 이를 만족하도록 架空地線 2條 (遮蔽角 -8° 以上 또는 最外側의 電力線 보다 1m 以上 外側), 接地抵抗 15Ω을 기준으로 空氣間隔을 決定하였다.

耐汚損設計를 爲해 汚損度 測定結果를 適用하였으며, 汚損地域 中 淸淨地域은 經濟的인 設計를 爲하여 表2와 같이 細分하여 淸淨Ⅰ地域과 淸淨Ⅱ地域으로 區分하여 適用었다.

表 2 汚損地域區分 現況

區分	淸淨Ⅰ	淸淨Ⅱ	鹽害A	鹽害B
唐津火力		No.54-新瑞山S/S	No.28-No.53	唐津T/P-No.27
新瑞山	No.63-新安城S/S	新瑞山S/S-No.62		
新太白	全區間			

또한 經過地의 海拔分布를 調査, 海拔高度 800m以下, 800m超過 1,000m以下와 1,000m超過 1,300m以下의 3개 海拔고도별로 區分하여 檢討하였는데 檢討結果 海拔高度 800m以下와 800m超過 1,000m以下 地域의 標準絶緣間隔에는 큰 差異가 없고 碍子數量도 同一하여 鐵塔設計 Group을 單純化하고자 800m以下 地域은 1,000m以下 地域으로 統合 適用하였다. 絶緣設計諸元은 表3과 같다.

2.3. 鐵塔設計

2.3.1 鐵塔部材形狀

當社에서는 지금까지 鐵塔部材로서 主로 山形鋼을 使用하여 왔으나, 765kV T/L은 大型鐵塔으로 山形鋼部材를 적용할 경우 鐵塔主材가 Double Post나 Box type Post 등의 複合部材 形態가 되어 施工上 및 設備維持補修에 큰 어려움이 豫想되었다. 따라서 이러한 問題點을 解消하기 爲해 單一部材 適用이 可能하고 信賴性이 높은

圓形鋼管部材(腕材는 山形鋼)를 適用키로 하였다.

表 3 絕緣設計의 概要

項 目		1,000m以下					
公稱電壓 (kV)		765					
最高運轉電壓(kV)		800					
開閉 Surge 設計	開閉Surge 倍率	大地	1.9				
		相間	3.5				
	標高補正係數		1.082 (1.099)				
	設計耐電壓 (kV)	大地	1,580 (1,605)				
		相間	2,910 (2,956)				
	最小絕緣間隔(mm)		4,310 (4,420)				
所 要 碼 子 數	懸垂	320mm	30 (31)				
		340mm	29 (29)				
	耐張	340mm	25 (26)				
耐 鹽 設計	汚損區分		清淨 I	清淨 II	鹽害A	鹽害B	
	鹽分附着量(mg/cm ²)		0.01	0.03	0.063	0.125	
	所 要 碼 子 數	320mm	29	37	44	50	
		320mmF		29	34	39	
		340mm	28	36	41	48	
	耐 雷 設計	架空地線條數		2條			
接地抵抗目標值		15Ω					
所 要 碼 子 數		懸垂	320mm	30			
		耐張	340mm	29			
Horn 間隔(mm)		懸垂	4,800 (5,000)				
		耐張	4,600 (4,600)				
想定 IKL		20					
目標事故率		0.35(回/100km/年)					
總 合	所 要 碼 子 數	懸垂	320mm	30(31)	37	44	
		2連	320mmF				39
		3連	340mm	29	36	41	
		耐張	340mm	28	36	41	48
	所要Horn 間隔		懸垂	4,800 (5,000)mm			
			耐張	4,600 (4,600)mm			
	標準絕緣 間隔		懸垂	5,380 (5,600)mm			
			耐張	5,150 (5,150)mm			
最小絕緣 間隔	懸垂	4,530(4,650), 導體-下段Arm					
	耐張	4,310(4,420), 導體-下段Arm					
相間絕緣間隔(mm)		8,420 (8,640)					

*()는 1,000m超過 地域

2.3.2 鐵塔形狀

鐵塔形狀 決定을 위해 經過地 特性에 따라 鐵塔型을 8 個型으로 分類하고 Galloping, Sleet Jumping, 電線 垂下 特性 및 相間 接近可能性을 檢討하여 鐵塔形狀을 決定하였다. 耐雷設計에 따라 架空地線Arm은 電力線 最長Arm 보다 1m 길게 하거나 最上段Arm 充電部를 基準하여 -8° 以上の 遮蔽角을 갖도록 하였고, 經濟的인 設計를 위해 C型鐵塔(最大水平角度 30°) 以上の 重角度 鐵塔은 水平角 內側Arm을 外側보다 짧게 設計토록 하였다. 代表的인 懸垂 및 耐張鐵塔의 鐵塔形狀은 그림2와 같다.

2.3.3 設計荷重

鐵塔에 作用하는 想定荷重에 대해서는 電氣設備技術基準 및 韓電의 支持物 設計基準에 의거 設計하였다. 經過地 中 一部는 海拔 800m 以上の 高山地域을 通過하는 關係로 同 地域은 地形特性上 他地域보다 降雪이 많은 地域임을 考慮하여 現行 韓電의 地區別 荷重設計基準을 再 檢討하고 重多雪地域을 追加하여 適用하였으며, 區間別 氣象條件에 의한 設計荷重 條件은 表4와 같다.

表 4 設計荷重 條件

線路名	適用 基數	基準速度壓 (kg/m ²)		着 氷 雪	備 考
		高溫界	低溫界		
唐 津 火 力	90	100	38	氣溫 -5℃, 着氷6mm, 比重 0.9	Ⅱ地域
新瑞山	259	76	38	氣溫 -5℃, 着氷6mm, 比重 0.9	Ⅲ地域
新太白	133	76	38	氣溫 0℃, 着雪20mm, 比重0.6	多雪 地域
	170	100	30	氣溫 0℃, 着雪40mm, 比重0.6	重多雪 地域
	14	100	30	氣溫 0℃, 着雪40mm, 比重0.6	重多雪 地域

2.3.4 附帶設備

765kV 線路는 鐵塔平均높이가 95m(最高 142m)에 달하여 作業效率性을 向上시키고 乘塔時 作業員의 疲勞輕減 및 安全등을 考慮하여 各 鐵塔에는 昇降機Rail, 墜落防止裝置, 休息處 및 손잡이등의 附帶設備를 設置하였다.

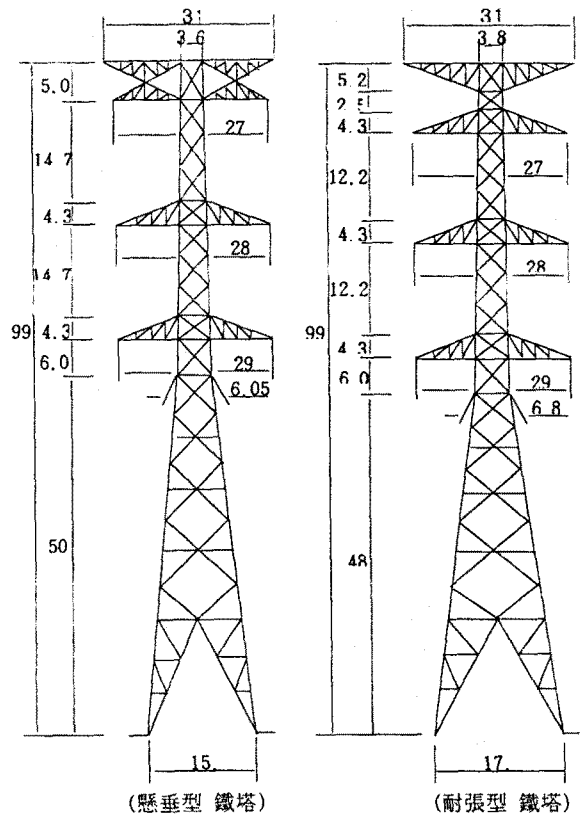


그림 2 代表的인 鐵塔形狀

2.4. 架涉線設計

2.4.1 電線

電線은 Audible Noise(Corona 騒音)과 電波障害 등 環境障害, 系統計劃上의 所要 送電容量 및 經濟性 側面을 綜合的으로 檢討하여 ACSR 480mm(Cardinal) 6導體 方式으로 하였고, 海岸地域인 唐津火力T/L에는 鋼線의 腐蝕을 防止하기 위해 ACSR/AW電線을 採擇하였다.

高電壓 大形構造物이 環境에 미치는 影響評價를 위해 韓電에서는 電力研究院에 765kV 實規模試驗線路를 建設하고 電氣環境障害要因에 대한 測定과 分析을 통해 環境對策 設計目標에 滿足하는지를 검토하였으며, 現在 機械的 障害에 대한 測定 研究가 進行되고 있다.

2.3.2. 架空地線

架空地線은 耐雷設計面에서 2條를 設置하고 故障電流條件(各條 25kA, 持續時間 20Hz)과 區間別 荷重特性을 考慮, 導電率 30% 및 40%의 알미늄被覆鋼燃線200mm²로 하였으며, 그 中 1條는 OPGW로 하여 系統保護信號 및 通信用으로 活用토록 하였다. 電線 및 架空地線의 諸元을 表5에 表示하였다.

表 5 電線 및 架空地線의 諸元

區分	電力線	架空地線			
		AWS		OPGW	
線種	ACSR	40%	30%	40%	30%
構成	AL 54/3.38 +ST 7/3.38	AW 19/3.7		AW 12/2.9, 14/3.5, AL 1/6.5	
計算	AL	484.54		11.12	
斷面積 (mm ²)	鋼(AW)	62.81	204.3	200.7	
	計	547.35	204.3	211.19	
外徑(mm)	30.42	18.5		19.3	
單位重量(kg/m)	1.836	0.961	1.162	1.007	1.222
引張強度(kgf)	15,300	12,870	16,547	12,644	16,256
適用地域	一般地域	Ⅱ,Ⅲ地域40%		多雪地域30%	

넓은 鐵塔敷地面積이 要求되므로 山地의 傾斜地域에는 適用이 困難하고, Rock Anchor基礎의 경우 高信賴性이 要求되는 大型構造物에 最初로 適用하기에는 多少의 어려움이 있어 금번 1단계사업에는 적용을 保留하고 施工性, 安定性 및 經濟性 등을 考慮하여 그림3과 같이 深型基礎와 現場打設말뚝基礎를 採用하였다. 深型基礎는 山地를 橫斷하는 送電線路 特性上 急傾斜地域에 設置가 容易하고 山林毀損面積도 적어지며, 經濟性面에서도 獨立基礎보다 有利한 것으로 나타났다. 現場打設말뚝基礎는 軟弱地盤에 適用하는 基礎型式이다.

또한 C型 以上の 重角度鐵塔은 基礎設計 荷重을 壓縮 却 및 引揚却別로 區分하여 算出함으로서 經濟性을 圖謀 하였다

表 7 基礎型別 適用 基數

線路名	深型基礎	現場打設基礎	計
唐津火力T/L	61	29	90
新瑞山T/L	216	43	259
新太白T/L	317	0	317
計	594	72	666

2.4.3. Spacerdamper

國內 最初 6導體 送電線路에 對備하여 Elastomer Type의 6導體 Spacerdamper를 開發하였으며, 從來 345kV 4導體 線路에서 종종 發生하는 Clamp部의 Bolt 弛緩現象을 豫防하기 위하여 Locking裝置付 Bolt를 採用 하였다. 본 Spacerdamper는 實證線路에서 약 1年間の 振動特性을 試驗하여 取付間隔을 決定하였다.

2.4.4. Jumper裝置

765kV T/L은 耐張碍子連 길이가 매우 길어(16~20m) 從來의 電線에 의한 攪絡로서는 鐵塔間隔 增大 및 橫振特性에서 不利할 뿐 만 아니라 Jumper 取付作業도 困難 할 것으로 判斷되어 Jumper裝置의 橫振特性, 施工性등을 綜合的으로 檢討하고 經濟的으로 有利한 吊架式 Jumper裝置를 採擇하였다. 이 方式은 經濟性面에서 優秀하여 日本에서는 수십년전부터 使用되고 있는 방식이다. 吊架式 Jumper裝置의 水平材(Pipe)길이는 運搬條件을 考慮하여 10m를 넘지않도록 鐵塔基別로 設計하고 있다.

2.5. 碍子裝置設計

碍子裝置는 電線의 地區別 最大使用張力과 實線路의 測量資料를 分析하고 碍子連에 걸리는 垂直荷重과 水平荷重의 합성을 算定하여 徑間대 高低差비의 限界範圍를 계산한 結果를 基準으로 設備의 信賴性, 經濟性 및 施工性을 考慮하여 表6과 같이 設置토록 하였다.

表 6 碍子裝置 強度系列

碍子		碍子裝置	
裝置區分	碍子種類	連數	強度系列
懸垂	320mm懸垂碍子	2	60ton
	340mm懸垂碍子	2	80ton
耐張	340mm懸垂碍子	3	120ton
Jumper裝置	280mm懸垂碍子	V	21ton

2.6. 基礎設計

당초 1段階事業에 適用할 基礎의 種類로서는 從來 國內 送電線路에 대부분 適用해 온 獨立基礎(逆T型), 日本에서 널리 적용하는 深型基礎 및 캐나다, 미국 등에서 適用頻도가 높은 Rock Anchor基礎를 地形에 맞게 적용토록 할 計劃으로 檢討하였다. 그러나 獨立基礎의 경우

현장타설말뚝기초

深型基礎

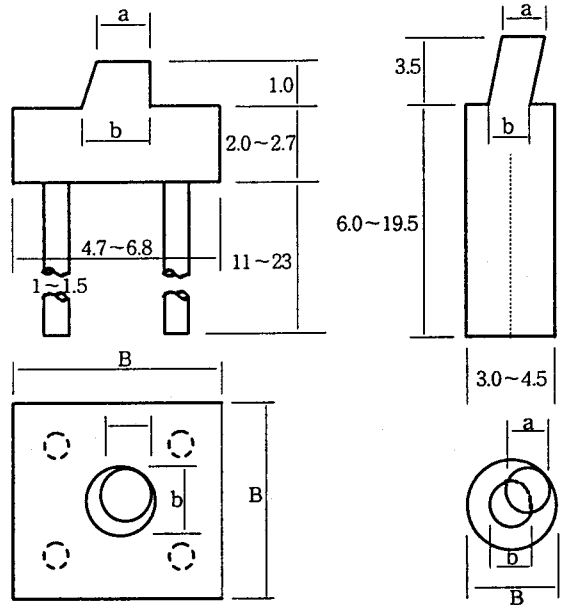


그림 3 基礎形狀圖

2.7. 接地設計

鐵塔接地는 深型基礎 適用 등으로 基礎規模가 커져 基礎自體의 抵抗이 낮아 深型基礎의 경우 大地固有抵抗 850Ωm以下 地域에는 別途의 接地低減 對策이 없어도 接地抵抗 目標值 15Ω을 滿足하는 것으로 나타나 設計에는 多少의 餘裕가 있는 것으로 나타났다. 基礎형별 接地設計基準은 표8과 같으며, 埋設地線 길이를 縮小시키기 위하여 接地抵抗 低減材로 高強度 導電性콘크리트를 採擇하였다

표 8 標準接地 施工基準

대지고유저항(Ωm)	역 T형	심형
300이상 - 900미만	15m×4조	10m×4조
900이상 - 1200미만	20m×4조	
1200이상 - 1500미만	25m×4조	20m×4조
1500이상	30m×4조	25m×4조

※역T형 기초는 적용철압이 없으므로 실제 접지시공에는 적용되지 않고 있음.

2.8. 環境對策設計

765kV 送電線路의 建設 및 運轉에 따라 發生할 수 있는 電氣環境障害를 最小化하고 國內 環境政策基本法의 騒音基準 등에 抵觸되지 않도록 環境對策設計目標을 表9와 같이 設定하였으며, 實證線路로부터 環境障害發生量 測定結果 ACSR 480mm² 6導體의 境遇 設計目標을 滿足하는 것으로 나타났다.

表 9 環境對策 設計目標

項目	適用地域	設計目標
Corona 騒音	住居地域	50dB(A)以下
	準住居地域	55dB(A)以下
	其他地域	60dB(A)以下
Radio 障害	住居 및 準住居地域	SNR 26dB以上
	其他地域	SNR 15dB以上
TV 障害	住居 및 準住居地域	SNR 40dB以上
電界強度	사람出入 頻繁한 地域	3.5kV/m以下
	其他地域	7.0kV/m以下

2.9. 765kV級 送電線路 設計 比較

상기 KEPCO 基本設計 基準과 海外의 設計內容을 比較하면 表10과 같다. 外國의 경우 大部分 1회선 4導體 水平配列方式을 基本으로 하고 있으며, ROW 境界를 地上電界強度 基準點으로 하고 있어 最低地上高가 우리나라 보다 훨씬 낮은 편이다. 韓電의 765kV 送電線路는 高信賴性이 要求되어 目標雷事故率을 日本 東京電力의 1.000kV T/L 水準으로 向上시켰다.

표 10 765kV급 送電線路 設計 比較

구분	KEPCO	AEP	NYPA	HQ	
전압(kV)	AC 765	AC 765	AC 765	AC 735	
전선	도체방식	ASCR 480×6B	ASCR 685×4B	ASCR 685×4B	ASCR 690×4B
	도체간격	40cm	18in	18in	18in
	평균경간	450m	400m	420m	500m
이격거리	상간	16.5m	45ft	50ft	42ft
	지상고	28m	40ft	50ft	45ft
현수장치	련형	1×2	V	V	V
	애자	66,000 (30t)	25,000 36,000	25,000 36,000	36,000
	수량	30	32, 30	35	28
내장장치	련수	3	4, 2	4	2
	애자 (lbs)	90,000 (42t)	36,000 50,000	40,000	36,000
	수량	28	34	35	28
내외 보호 장치	선종	AWS 200mm ²	AWS 60mm ²	AWS 60mm ²	강연선 125mm ²
	조수	2	2	2	2
	차폐각	-8°	15°	20°	20°
	접지저항	15Ω	15Ω	30Ω	25Ω
	IKL	20	40~50	30	25
	사고율/ 100km년	0.35이하	1.0이하	1.0이하	1.0이하

3. 결 론

765kV급 以上の 送電線路는 舊소련 등이 30여년 전부터 運轉하여 왔으나, 2회선 送電線路는 海外에서도 設計 및 施工實의이 없어, 初期에 設計方針을 確定하기에는 여러 가지 어려움이 많았으나, 상기 基本設計를 基準으로 상세설계를 거쳐 工事가 進行중에 있다. 純粹國內 技術로 設計建設되는 本 大形送電設備는 1998.12. 當진

화력 ~ 345kV 신당진變電所 區間을 竣工하여 우선 345kV로 運轉할 豫定으로 있으며, 1999.12.에는 나머지 全區間에 대한 公사를 완료하여 1段階事業이 竣工되고 2000년 初에 2段階事業을 着工할 計劃이다. 2001. 4. 765kV 신서산 및 신안성 變電所가 完工되면 765kV로 格上하여 大電力輸送體系를 構築함으로써 電力系統補強과 함께 우리나라 電力史에 새로운 장을 열게 될 것이다.

(참 고 문 헌)

- (1) 한전 송전전압격상추진팀, "765kV 송전선로 절연설계 지침", 1995
- (2) 한전 송전전압격상추진팀, "765kV 송전선로 전선선정 및 환경대책설계 지침", 1994
- (3) 한전 송전전압격상추진팀, "765kV 송전선로 철탑형상 결정에 관한 검토", 1995.
- (4) 한전 송전전압격상추진팀, "765kV 송전선로 애자장치 강도계열 검토서", 1994
- (5) 한전 송전전압격상추진팀, "765kV 송전선로 접지설계 검토", 1995
- (6) EPRI, "transmission line reference book", 1982