

가선작업 하중을 고려한 765kV 강관철탐 설계

정태호 · 김신철 · 윤영순 · 신태우 · 이안근 · 김광열
한국전력 전력공사 765kV 건설처

765kV Steel Tubular Tower Design On Considering Stringing Load

Tay-ho Jung · Shin-chul Kim · Young-soon Yoon · Tae-woo Shin · An-Keun Lee · Kwang-youll Kim
Transmission Line Dept. 765kV Construction Office KEPCO.

Abstract - The stringing load was added to tower design that consider the active load in 765kV transmission line construction. The nominal auxiliary members of steell tubular tower arm were altered into stress members by means of three dimensional design analysis method. 765kV transmission line construction also use self-standing tower that does not install temporary wire which support the section tower placed between drum field and engine field when stringing process.

1. 서 론

한국전력공사의 765kV 송전선로용 강관철탐에 가선작업시의 작업하중을 국내 최초로 철탐설계에 반영하여 연선작업시 작용하는 동하중을 고려한 철탐설계 및 엔진장과 드럼장에서 가시선을 생략하는 연선단말철탐을 도입하여 적용하고 있다.

본 고에서는 가선작업 하중을 철탐설계에 적용하는 방법과 설계방법 개선으로 인한 효과를 기술하고자 한다.

2. 연선작업을 고려한 철탐설계

765kV 송전선로는 345kV 이하 송전선로와 달리 철탐의 높이가 높아지고 지형이 험준하므로 탑상작업을 줄이는 것이 공기단축이나 작업원의 안전을 위하여 필요하다 할 수 있다.

지금까지 국내의 송전선 철탐은 철탐암 끝의 애자련에 전선을 매달아 공사완료후 운영할 때의 짐중 하중만을 고려한 철탐 설계로써 철탐암에 금차를 달아서 연선작업시의 동하중은 고려되지 않아 철탐암을 와이어등으로 보강하여 작업하도록 되어 있다. 그러나 대부분 철탐암에 미치는 하중 검토없이 작업자의 경험등으로 평탄한 지형에서는 암보강 없이 작업을 실시하고 이상하중이 예상되는 개소에 대해서만 암보강을 실시하고 있는 실정이다.

이러한 방법을 적용한 345kV이하 송전선 철탐은 4도체 이하로써 분포하중이 적은 경우는 암보강을 통한 가선작업이 가능할 수 있으나, 765kV 송전 철탐과 같이 도체수가 증가하여 작업시 수평으로 배열하는 금차 수량이 많아지고 철탐 몸통쪽으로 걸리는 작업하중이 커지는 경우

는 별도의 검토를 통하여 철탐암의 적정성을 검토하여 보강 하여야 한다.

실제로 765kV 초기 설계당시는 철탐암을 와이어로 보강토록 시공 설계에 반영하였으나 이의 합리적인 해결방안을 모색하여 철탐암 설계 방법을 개선하여 와이어 보강없이 작업이 가능하도록 설계방법을 개선하였다.

개선방법은 철탐설계에 일률적으로 적용하는 평면해석(2D) 방법을 변경하여 암부위는 입체해석(3D)으로 설계하여 금차설치점에서 작용하는 선로방향의 종하중과 수평각등으로 발생하는 횡하중 및 수직하중을 철탐암 절간별로 모멘트 하중을 산출하여 비응력재로 설계되는 암보강재를 응력재로 설계하였으며 가선공법을 현장에서 탄력적으로 운영할 수 있도록 1선1조 및 1선2조 어느 경우도 가능하도록 검토하였다.

또한 금차의 배열은 내강철탐의 경우 애자련 취부시의 작업방법을 고려하여 암 끝단에서 60Cm를 띄우고 1m 간격으로 배열하고 현수형은 암끝단에서 부터 1.2m 간격으로 배열하도록 검토하였다.

2.1 현수철탐의 가선작업 하중계산

철탐암에 작용하는 가선작업시의 하중에 대한 설계 조건은 1선1조 가선과 1선2조 가선방법 어느 공법에도 가능하도록 하는 6가지 Case를 선정하여 검토하였다.

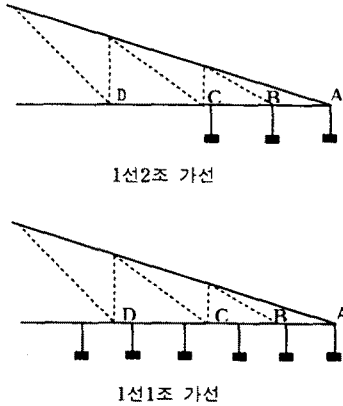
Case1 암끝단에 2조를 처음 연선함으로 끝단 절점에 2V가 작용한다.

2 2조를 연선완료후 1.2m간격으로 2번째 2조를 연선시공함으로 끝단에는 2V₀가 작용하고 2번째 절점에 2V가 작용한다.

3 2조씩 2번째 연선이 완료된 상태에서 3번째 연선작업을 함으로 암끝단과 2번째 절점에 각각 2V₀가 작용하고 3번째 절점에 2V가 작용한다.

4 1선1조의 경우 완금 끝단 1,2,3번째까지는 2조 가선방식인 1~3Case로 검토하고 4번째 절점인 D에 1.5V가 작용한다.

〈그림1〉 가선작업 공법에 따른 금차배열



하중 적용식의 가공지선 암은 식(1) ~ 식(3)의 하중계산식을 적용하며 V_g 의 $\Sigma \tan \alpha$ 가 (-)의 경우 $W_g \times S=0$ 으로 한다.

$$V_g = W_g \times S + T \times \Sigma \tan \alpha + C \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$H_g = 2 \times T \times \sin \theta / 2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$P_g = V_g / \sqrt{3} \quad \dots\dots\dots (3)$$

- 단 S : 설계하중경간
- $\Sigma \tan \alpha$: 설계 수직각도
- θ : 설계 수평각도 + 5°
- C : 금차중량
- W_g : 가공지선 단위 중량 + 딸림 Wire 중량
- T : 가공지선 최대 사용장력 + 딸림 Wire 장력

전력선암은 식(4)~식(6)의 하중계산식을 적용한다.

$$V = W_c \times S + K \times T_c \max \times \Sigma \tan \alpha + C \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$H = 2 \times K \times T_c \max \times \sin \theta' / 2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$P = V / \sqrt{3} \quad \dots\dots\dots (6)$$

- 단 W_c : 전선단위중량(kg)
- S : 설계하중경간(m)
- K : 선올리기 장력비(0.7)
- $T_c \max$: 전력선 최대 사용장력
- $\Sigma \tan \alpha$: 설계 수직각도
- θ' : 설계 수평각도 + 5°
- C : 금차중량

2.2 내장철탑의 가선작업 하중계산

내장형 철탑은 1련 금차를 사용하여야 함으로 1선 1조 방식으로 계산하면 1선2조의 경우도 충분히 만족하며 계산적용식은 현수형과 같이 식(1)~식(6)을 적용하여 계산한다.

내장형의 하중적용Case는 3개 Case로 적용하였다.

현수형과 내장형의 하중Case별로 설명한 반력값을 각 절간별로 계산한 결과는 표(1)과 같다.

〈표1〉 하중Case별 반력계산

구 분		절 점			
		A	B	C	D
현수형	Case1	2V			
	Case2	2V ₀	2V		
	Case3	2V ₀	2V ₀	2V	
	Case4	V ₀	1.5V ₀	2V ₀	1.5V
내장형	Case1		V	3V	2V
	Case2		2V	3V	V
	Case3	V	1.5V	2V	1.5V

3. 연선단말철탑

가공송전선로 건설공사의 경우 가선작업시 연선구간의 경계철탑 즉, 드럼장과 엔진장에 해당되는 철탑은 가지선을 설치하여 철탑을 보강하도록 되어 있으나 765kV 송전선로용 철탑은 높이가 높고 최근 사회여건에 따른 민원 발생의 증가등으로 인하여 송전선로 경과지를 산악지로 이용함에 따라 송전선로의 대형화 및 작업장부지 확보가 어려워 지므로써 가지선 설치에 따른 문제점을 해소하기 위하여 연선단말철탑을 도입하였다.

3.1 가지선설치시 예상문제점

765kV 송전선로의 도입 및 협준한 산악지 통과로 인한 철탑의 대형화로 가지선 장력판리의 어려움, 가지선설치로 인한 철탑안정도등 가지선설치에 따른 문제점은 다음과 같다.

- ① 345kV 철탑에 비하여 지선에 가해지는 하중이 증가하며 지선이 끊어짐.
- ② 지선 다조화로 관리에 세심한 주의가 필요하며 개개의 지선 장력을 일정하게 유지하는 것이 기술적으로 곤란.
- ③ 철탑 높이가 증가함에 따라 지선 설치 높이도 증가하며, 이에 따른 지선 자체의 이도발생으로 지선장력 조절이 곤란하므로 철탑 안정도에 문제발생.
- ④ 지선설치시 수직하중 발생으로 철탑체의 변형발생(Arm Part)이 우려되며 설치부위의 부재강도 확인과 보강이 필요함.
- ⑤ 가지선 설치를 위한 별도의 기초가 필요함.
- ⑥ 가지선 설치 불가 개소에 땅물음 공법이나 Post 묶음 적용시 전선가닥수 다량(36가닥)으로 작업의 복잡성가중과 Anchor 연결 지지점의 전선손상 우려 및 Anchor 연결 지지점의 전선 추가소요

3.2 연선단말철탐 적용조건

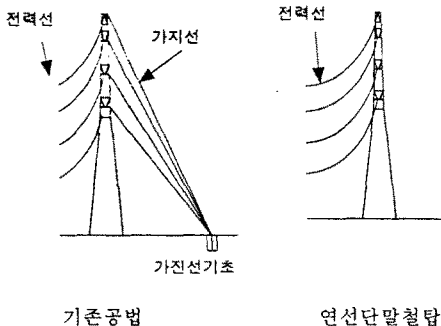
국내최초로 도입시행하는 연선단말철탐의 구체적인 적용방안 및 설계조건은 가지선을 설치하지 않고 가선작업이 가능하도록 연선작업 및 긴선작업시 일시적으로 가해지는 작업하중에 견딜 수 있는 조건으로 검토 하였으며 최초로 시행하는 만큼 최소 비용으로 최대 효과를 얻을 수 있는 경제원칙을 적용하여 기술적인 면을 심도있게 검토하고 시공품질과 비용의 조화를 이룰 수 있도록 하였다.

한편 연선단말철탐의 하중조합은 철탐형별 일반설계 하중과 가인류 설계하중중 최악조건으로 부재를 선정하도록 하였으므로 내장철탐에 인류조건을 일부 적용하는 결과가 되어 <표2>에서와 같이 내장철탐과 인류철탐의 중간치 하중을 갖는다. 부재의 안전율은 765kV 강관철탐의 안전율 1.2로 적용하며 가선작업의 가인류조건은 공사기간(풍압 재현기간 감소) 및 경제성을 고려하여 1.0이상으로 적용하였다.

<표2> 연선단말철탐와 일반철탐 설계조건 비교표

설계조건	연선단말철탐	일반각도형 철탐
수평각하중	$T\sin(\theta/2)$	$2T\sin(\theta/2)$
인류조건	전상인류	-
상시 불평균장력	상정하중의 100%	상정하중의 33%
이상시 불평균장력	가공지선과 임의1상 전조단선	임의1상 2조단선
수평 하중경간	양측경간중 장경간의 50%	설계치의 100%
부재안전율	1.0 이상	1.2 이상
전선부착물 하중	Jumper 및 항공장애구 제외	모든 부착물 적용

<그림2> 기존 공법 및 연선단말철탐 비교



3.3 연선단말철탐 적용에

이번에 한국전력공사의 765kV 송전선로 건설공사 1단계 사업에 적용한 강관철탐의 연선단말철탐 Type은 총7개 Type으로 당진화력 송전선로에 7기, 신서산 송전선로에 30기, 신태백 송전선로에 32기, 총 69기를 적용하였으며 연선단말철탐 도입 검토당시 일반철탐형 조건으로 기초공사가 완료된 6기(주로 당진화력T/L 조기가압구간)는 연선단말철탐을 적용하지 않고 별도의 대책을 수립하여 작업하도록 하였다. 또한 연선단말철탐 적용으로 인하여 부재가 보강된 부위는 암부위의 평면 보조재의 일부만 해당되고 Main Post를 비롯한 대부분의 부재가 일반철탐과 동일하므로 철탐설계 변경이 간단하며 부재 보강으로 인한 중량변경은 기당 약5톤 정도로 가지선시공 생략으로 인한 인건비와 재료비를 감안하면 경제적으로도 상당한 비용 절감효과가 있다.

3.4 연선단말철탐 도입으로 인한 효과

연선단말철탐은 <그림2>와 같이 드림장이나 엔진장에서 한쪽방향으로 가선된 철탐의 반대측에 전선이나 지선이 없는 상태로 철탐암에 전선을 고정시킬 수 있어 작업방법이 간단하고 공기단축이 가능하며 가지선 설치시는 전선과 가지선이 접촉할 우려가 있으나 가지선생략으로 인하여 전선과의 접촉가능성이 없어져 시공품질 확보가 가능하다. 또한 가지선 설치에 따른 소요자재 준비 및 가지선 설치후 일정한 장력관리와 현장점검이 수시로 필요하나 설치에 따른 부수 작업이 생략됨으로써 현장관리가 용이하며 공사현장 인근주민의 민원발생과 피해보상에 대한 욕구가 급증하고 있는점을 감안하면 가지선 설치개소의 작업부지 확보가 필요없어 가선작업 추진이 용이하다고 할 수 있다.

4. 결론

이상과 같이 가선작업시 암에 걸리는 동하중을 반영하고 엔진장과 드림장에서 가지선을 생략하는 연선단말철탐을 도입, 철탐설계에 작업하중조건을 적용함으로써 시공품질의 향상과 공정단축의 효과를 얻을 수 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한국전력공사, "강관철탐 설계검토 요령", 1998.1.
- [2] 東京電力株式會社, "西群馬幹線鐵塔設計要項", 1992.4.
- [3] UHV送變電建設所, "北枋木幹線新設工事における架線工事施工上の留意事項", 1994.7.
- [4] 電氣書院刊, "架線工事施工基準解説書", 1987.10.