2008년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2008. 7. 16 - 18

직선 가공배전선로 전주강도 설계방안 연구

김상규*, 왕윤찬*, 선상진*, 김창완*
한국전력공사 중앙교육원*

A Study on Design Techniques for Strength of Supporters in Straight Over-head Distribution Lines

Sang-Kyu Kim*, Yoon-Chan Wong*, Sang-Jin Sun*, Chang-Wan Kim*
Central Education Institute of Korea Electric Power Corporation

Abstract - 가공배전선로는 야외에 시설되어 하계의 태풍 및 동계의 설해와 같은 자연재해에 상시 노출됨에 따라 지지물 절손 피해가 발생할 우려가 높다. 따라서 직선으로 시설되는 전주가 절손되지 않도록 설계지역의 기상조건을 감안하여 전주강도가 충분한지 여부를 검토하여야 한다. 그러나 현업에 종사하는 설계원들이 어떠한 방법으로 전주강도를 검토하는지에 대한 이해가 부족한 실정이다. 따라서 본 고에서는 전주강도 계산과 관련하여 연구된 이론을 설명하였고, 그 이론을 바탕으로 장경간개소와 표준경간에 설치되는 전주에 대한 설계방안을 연구한 결과를 사례를 통해서 설명하였다. 본 고에서 제시한 방법에 따라 설계를 시행한다면 직선으로 시공되는 전주들의 강도가 태풍 및 설해에 대비하여 충분히 확보됨에 따라 재해 시에도 이로 인한 전주 절손 피해가 예방될 수 있을 것으로 기대되며, 또한 전기고장 예방을 통한 고품질 전력확보에도 기여할 것으로 기대된다.

1. 서 론

가공배전선로는 야외에 시설되어 하계의 태풍 및 동계의 설해와 같은 자연재해에 상시 노출되어 시설되므로 지지물 절손 피해가 발생할 우려가 높다. 따라서 직선으로 시설되는 가공배전선로는 설계 시 전주가 절손되지 않도록 설계지역의 기상조건을 감안하여 전주강도가 충분한지 여부를 검토하여야 한다. 그러나 이와 관련한 이론은 있으나, 현업에 종사하는 설계원들이 어떠한 방법으로 전주강도를 검토하는지에 대한 이해가 부족한 실정이다. 따라서 본 고에서는 직선선로의 전주강도계산 이론에 대한 선행 연구결과를 살펴본 후, 장경간 및 표준경간에 시설되는 전주의 강도 설계방안의 연구결과를 사례를 통하여 설명함으로써 설계원들의 전주강도 설계에 대한 이해를 높여 보다 안전한 가공배전선로 건설에 기여하고자 한다.

2. 본 론

2.1 직선선로 강도계산 이론

2.1.1 강도계산 계산 기초

직선선로의 전주 강도는 전주의 최대응력을 생기도록 하는 부분에서 전주가 분담하는 최악조건하의 외력에 의한 굽힘모멘트(Bending Moment)보다 전주의 저항모멘트가 크도록 정해져야 한다.

전주의 저항모멘트 ≥ 외력에 의한 굽힘모멘트

여기서, 직선선로의 전주에 작용하는 외력에 의한 굽힘모멘트는 전주, 가섭선, 가공지선지지대, 주상기기(전원공급기 등 공가설비 포함) 등에 수직방향으로 작용하는 풍압하중을 뜻한다.

2.1.2 전주의 저항모멘트

전주에 수평하중을 가할 때 전주 지지점의 저항모멘트는 다음 식과 같이 계산한다.

$$M_r = P_c \times H_1 \quad \text{(식 1)}$$

단, M_r : 전주의 저항모멘트 [kg · m]
P_c : 전주의 설계하중 [kg]
H_1 : 전주끝 하방 25cm 지점의 지표상 높이 [m]

2.1.3 전주에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트

목주 및 강관전주의 경우의 경우 전주에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트는 다음 계산식에 의해 구할 수 있다.

$$M_p = W_p H^2 \left(\frac{D}{2000} + \frac{KH}{6} \right) \quad \text{(식 2)}$$

단, M_p : 전주에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트 [kg · m]
W_p : 전주에 가해지는 단위면적당 풍압하중 [kg/㎡]
D : 전주의 끝지름 [㎜]
H : 전주의 지표상 높이 [m]
K : 전주의 직경 증가율(목주 : 9/1000, 콘크리트전주 : 1/75)

2.1.4 가공지선지지대에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트

가공지선지지대에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트는 다음 계산식에 의해 구할 수 있다.

$$M_g = \frac{W_p}{1000} \left[(D_2 + K_g H) \left(\frac{H_t^2 - H^2}{2} \right) - K_g \left(\frac{H_t^3 - H^3}{3} \right) \right] \quad \text{(식 3)}$$

단, M_g : 가공지선지지대에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트[kg · m]
W_p : 가공지선지지대에 가해지는 풍압 [kg/㎡]
K_g : 가공지선지지대의 직경증가율

$$K_g = \frac{D_2 - D_1}{H_t - H} = \frac{D_2 - D_1}{H_g}$$

D_1 : 가공지선지지대 상부 직경 = 90 [㎜]
D_2 : 가공지선지지대 하부 직경 = 198.97 [㎜]
H_t : 가공지선지지대의 지표상 최고높이 [m]

$$H_t = H + H_g$$

H : 전주의 지표상 높이 [m]
H_g : 전주끝 위의 가공지선지지대 높이 = 1.27 [m]

2.1.5 전선에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트

배전선로에 수직방향으로 작용하는 풍압에 의해 전선에 가해지는 굽힘모멘트는 다음과 같이 계산한다.

$$M_W = \frac{S \sum We \cdot d \cdot h}{1,000} [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{(식 4)}$$

단, M_w : 가섭선에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트[kg · m]
W_e : 가섭선에 가해지는 단위면적당 풍압하중 [kg/㎡]
d : 가섭선의 직경 [㎜]. 단, 가섭선에 빙설부착시는 빙설두께를 포함한 직경(d′) 적용. d′=d+2b (b : 빙설의 두께)
h : 가섭선의 지표상 높이 [m]
S : 경간(양측의 경간이 동등하지 않을 경우는 전주양측경간의 각 1/2을 더한 값) [m].
S = (SA+SB)/2 (SA, SB : 전주양측경간)

2.1.6 주상기기에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트

배전선로에 수직방향으로 작용하는 풍압에 의해 전선에 가해지는 굽힘모멘트는 다음과 같이 계산한다.

$$M_m = W_t X \frac{2h_t Y + Y^2}{2} \quad \text{(식 5)}$$

단, M_m : 주상기기에 가해지는 풍압에 의한 굽힘모멘트 [kg · m]
W_t : 주상기기에 가해지는 풍압 [kg/m2]
X, Y : 기기를 직사각형 모양으로 가정시 각각 그 폭 및 높이[m]
h_t : 주상기기 하부의 지표상 높이 [m]

2.1.7 직선주 강도 검토 계산식

직선선로에 수직방향으로 작용하는 풍압에 대한 전주강도는 다음의 계산식을 이용하여 검토한다.

양횡지선이 없을 때 : $M_r \geq M_b$ (식 5)

양횡지선이 있을 때 : $M_r \geq \frac{1}{2} M_b$ (식 6)

단, M_b : 풍압에 의한 전주의 굽힘모멘트 [kg · m]

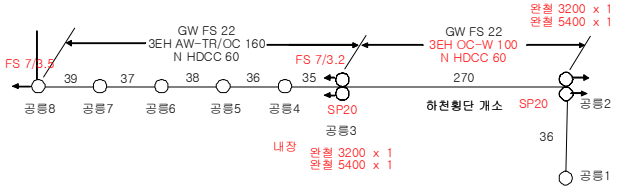
단주 : $M_b = M_p + M_g + M_w + M_m$

H주 : $M_b = M_p + \frac{M_g + M_w + M_m}{2}$

2.2 직선선로 강도설계 적용 사례

2.2.1 설계 조건

본 고에서는 아래의 그림과 같이 가공배전선로를 설계함에 있어서 공릉3호 및 공릉 4호의 전주강도를 검토하여 설계하는 방법을 사례로 들고자 한다. 설계조건으로 이 지역은 풍압하중은 고온계에는 강화지역의 풍압(풍속 45m/s), 저온계에는 갑종풍압(풍속35m/s)을 적용해야 하는 지역이며 부하전류를 감안하여 특고압전선의 굵기는 알루미늄절연전선류 160㎟를 적용해야 하는 구간이다.



<그림 1> 설계 조건

2.2.2 직선주 강도 계산시 적용 풍압하중

한전에서 가공배전선로의 직선주 강도계산에 적용하는 고온계 및 저온계 풍압하중은 다음 표와 같다.

<표 1> 직선주 강도 계산시 적용 풍압하중

하중조건 구분		고온계 하중조건			저온계 하중조건		
		강화	해안	일반	갑종	을종	병종
풍압하중 [kg/㎡]	가섭선	125	100	76	76	38	38
	지지물	100	78	60	60	30	30

2.2.3 공릉3호 장경간개소 강도 검토

공릉3호의 전원측 경간은 270[m]이고, 부하측 경간은 35[m]으로서 전원측 장경간개소 횡단 전선의 지상고 확보를 위하여 설계하중 1800[kg]인 20[m] 강관주를 사용하여 H주로 시설하고자 하며, 이 강관전주의 강도 적정여부를 확인하고자 한다. 공릉3호의 저항모멘트를 (식 1)에 의거 계산하면 <표 1>과 같이 35,550[kg·m]이다. 그리고 전원측 및 부하측에 시설되는 전선의 종류, 규격, 외경, 조수 및 설치점의 높이는 <표 3>과 같다.

<표 2> 공릉3호 저항모멘트

설계하중(kg)	전주끝 25㎝지점의 지표상높이(m)	저항모멘트 Mr(kg·m)
1800	19.75	35,550

<표 3> 공릉3호 전원측 및 부하측 전선 설치 내역

설치단	전원측전선				부하측전선				설치점 높이(m)
	전선 종류	규격 (㎟)	외경 (㎜)	조수	전선 종류	규격 (㎟)	외경 (㎜)	조수	
가공지선	FS	22	6.0	1	FS	22	6.0	1	21.27
특고1단	OC-W	100	20.0	1	TR/OC	160	23.4	1	19.59
특고2단	OC-W	100	20.0	2	TR/OC	160	23.4	2	17.59
중성선	HDCC	60	10.0	1	HDCC	60	10.0	1	13.66

<표 4> 공릉3호 각 설비의 굽힘모멘트

구분			굽힘모멘트 (kg·m)		
			고온계	저온계	
				갑종	을종
지지물 M_p			7,126	4,281	2,148
가공지선지지대 M_g			377	226	113
가섭선 M_w	가공지선		2,433	1,479	2,219
	특고압선	1단	7,614	4,630	3,677
		2단	13,674	8,314	6,603
	중성선		2,604	1,583	1,742
외력에 의한 굽힘모멘트 M_b			20,477	12,397	9,325

<표 4>에서와 같이 각 설비에 작용하는 합성굽힘모멘트는 고온계일 때 가장 크며 20,477[kg·m]이나, 전주의 저항모멘트 35,550[kg·m]보다 작으므로 공릉 3호의 전주강도는 양호한 것으로 판단된다.

결론적으로 공릉3호는 장경간개소라고 하나 전주강도가 충분하므로 양횡지선을 시설할 필요가 없다.

2.2.4 공릉4호 표준경간개소 강도 검토

공릉4호의 전원측 경간은 35[m]이고, 부하측 경간은 36[m]이다. 전원측 전주가 강관주 20[m]이므로 공릉4호주는 우선 일반용 콘크리트전주(설계하중 500[kg]) 16[m]를 사용하고자 하며, 이에 대하여 강도 적정여부를 확인하고자 한다. 일반용 콘크리트전주 16m의 전주끝 25㎝지점의 지표상높이는 표준근입으로 시공시 13.25[m]이며, 이를 (식 1)에 대입하여 전주의 저항모멘트를 계산하면 6,625[kg·m]이다. 그리고 공릉4호 전원측 및 부하측에 시설되는 전선의 종류, 규격, 외경, 조수 및 설치점의 높이는 <표 5>과 같으며, 각 설비에 작용하는 합성굽힘모멘트는 고온계일 때 가장 크며 6,994[kg·m]이고, 전주의 저항모멘트 6,625[kg·m]보다 크므로 공릉 4호의 전주강도는 부족한 것으로 나타났다.

<표 5> 공릉4호 전원측 및 부하측 전선 설치 내역

설치단	전원측전선				부하측전선				설치점 높이(m)
	전선 종류	규격 (㎟)	외경 (㎜)	조수	전선 종류	규격 (㎟)	외경 (㎜)	조수	
가공지선	FS	22	6.0	1	FS	22	6.0	1	13.50
특고1단	TR/OC	160	23.4	1	TR/OC	160	23.4	1	13.09
중성선	HDCC	60	10.0	1	HDCC	60	10.0	1	11.89

<표 6> 공릉4호 각 설비의 굽힘모멘트

구분		굽힘모멘트 (kg·m)		
		고온계	저온계	
			갑종	을종
지지물 M_p		1,737	1,044	525
가공지선지지대 M_g		258	155	77
가섭선 M_w	가공지선	393	239	359
	특고압선	4,078	2,479	1,875
	중성선	528	321	353
외력에 의한 굽힘모멘트 M_b		6,994	4,238	3,189

따라서 공릉 4호의 전주강도를 중하중용(설계하중 700[kg]) 16[m]로 적용하여야 전주의 저항모멘트가 9,275[kg·m]되어 고온계시 외력에 의한 굽힘모멘트 6,994[kg·m]보다 크게 되어 강도가 충분히 확보될 수 있다.

3. 결 론

직선으로 시설되는 가공배전선로는 설계 시 전주가 절손되지 않도록 설계지역의 기상조건을 감안하여 전주강도가 충분한지 여부를 검토하여야 하지만, 현업에 종사하는 설계원들이 이를 설계업무에 적용하기에는 이에 관한 이해 및 지식이 부족하여 어려움이 많았다. 따라서 본 고에서는 전주강도 계산과 관련된 이론에 대한 선행연구결과들을 설명하였고, 이론을 바탕으로 장경간개소와 표준경간에 설치되는 전주에 대한 강도 설계방안 연구결과를 사례를 통해서 상세히 설명하였다. 본 고에서 제시한 방법에 따라 설계자가 전주강도 설계를 보다 더 쉽게 시행할 수 있을 것이며, 이를 통해 직선으로 시공되는 전주들의 강도가 태풍 및 설해에 대비하여 충분히 확보됨에 따라 재해시에도 이로 인한 전주 절손 피해가 예방될 수 있을 것으로 기대되며, 또한 전기고장 예방을 통한 고품질 전력확보에도 기여할 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

[1] 왕윤찬, "가공설계 기술검토", 배전기술검토능력향상반, 한국전력공사 중앙교육원, p3~110, 2008

[2] 왕윤찬, "태풍대비 설계방안", 배전설비운영 I , 한국전력공사 중앙교육원, p443~502, 2008