

## 송전용 지지물 풍하중 산정기법 및 기준제정에 관한 연구

신구용\*, 임재섭\*, 이동일\*, 황갑철\*, 방항권\*\*, 신대우\*\*\*  
 한전 전력연구원\*, 한국전력공사 중앙교육원\*\*, 한국전력공사 전력계통건설처\*\*\*

### Study on the Assessment technique and Design Standard for Wind Load on Transmission Tower

Koo-Yong Shin\*, Jea-Seob Lim\*, Dong-Il Lee\*, Kab-Cheol Whang\*, Hang-Kweon Bang\*\*, Tae-Woo Shin\*\*  
 Korea Electric Power Research Institute\*, Korea Electric Power Co.\*\*

**Abstract** - 본 논문에서는 송전철탑에 작용하는 설계하중으로서 「송전철탑 설계풍속에 관한 연구」에 근거하여 1987년 6월 제정된 지역별 설계 풍하중기준의 개정을 위한 연구결과를 수록하였다. 당시 제정된 송전설계기준은 이전에 전국적으로 통일시켜 적용되던 풍속압(76kg/m<sup>2</sup>)을 지역별 풍속을 구분하여 그 차이에 따라 I, II, III, 지역 및 울릉도로 구분하여 차등 적용하였으며, 본 연구에서는 국내 기상청이 생긴 이래 2005년 까지 누적된 기상 DB의 분석을 통하여 최근의 기상 현상을 반영한 보다 현실적인 설계기준 개정과정을 수록하였다. 본 논문에서는 1980년대 후반부터 약 20년간의 기상청의 풍향, 풍속자료를 추가로 확보하여 이를 분석하고 재현기간을 반영한 지역별 설계하중을 재산정하여 최근의 기상자료를 포함하여 보다 정확한 분석을 도모하고, 사회 환경의 급변함에 따라 우려되는 기상이변 등을 고려한 안전성과 경제성이 향상된 설계기준의 산정과정을 고찰하고자 한다.

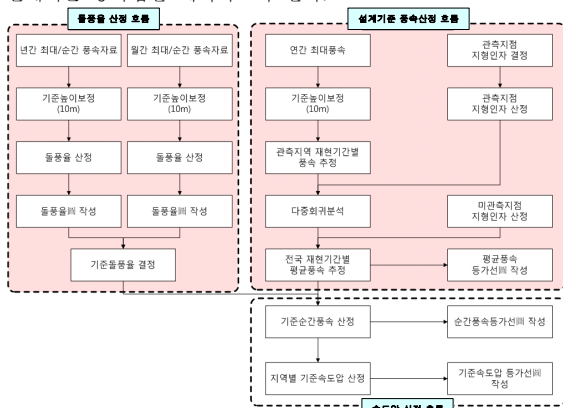
#### 1. 서 론

송전용 지지물 설계에 중요한 요인으로 작용하는 풍하중 설계기준 분야는 지금부터 약 20년 전인 1986년 한국전력공사 기술연구소에서 발간한 「송전철탑 설계풍속에 관한 연구」에 근거하여 1987년 6월 처음으로 당시까지 누적된 기상청의 풍속, 풍향 자료에 근거하여 지역별 설계 풍하중 기준을 제정하여 적용하기 시작하였다. 당시 제정된 송전설계기준에서는 이전에 전국적으로 통일시켜 적용되던 풍속압(76kg/m<sup>2</sup>)을 지역별 풍속 차이에 따라 I, II, III, 지역 및 울릉도로 구분하여 차등 적용하면서 설계 풍속압을 보다 현실화 하였으며 지금까지 지역별 구분 및 설계 기준하중으로 적용되었다. 최근 20년간 급속한 국토개발에 의해 설계풍속을 결정하는 지역별 조도구분이 변화되었고 매년 국내에 큰 피해를 주고 있는 태풍의 규모가 점점 증가하고 있는 상황에서 풍속자료의 갱신과 설계풍속 산정방법에 대한 재검토 결과를 2007년도 본 학회의 하계학술대회를 통하여 소개한 바 있다. 본 논문에서는 이 시 소개된 설계풍속 개정 이후 속도압으로 송전지지물의 설계용 하중을 구하기 위하여 수행한 연구내용으로 지역별 설계기준 풍속압을 재산정하여 설계기준 개정(안)을 도출하고 이를 소개하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 송전용 지지물의 풍하중 산정 흐름

본 절에서는 지난번 논문에서의 국내 송전철탑의 설계풍속을 산정하는 과정에 이어 최근 20여년간 추가로 확보된 기상청의 풍속, 풍향자료를 활용하여 돌풍풍속 산정과정을 고찰하고 지역별 기준풍속압을 기준으로 설계기준 풍속압을 제시하고자 한다.



〈그림 1〉 송전용 지지물의 풍하중 산정 흐름

##### 2.2 돌풍을

풍속은 두개의 성분으로 나눌 수 있다. 하나는 정적성분(Static Component)인 평균성분이고 또 하나는 동적성분(Dynamic Component)인 순간풍속, 즉 돌풍(Gust Wind)이다. 돌풍은 시간에 따라 무작위 양상을 띄우므로 측정시의 평균시간간격에 좌우되며 어떤 해석적인 법칙으로는 설명할 수 없고 확률이론에 의해서만 정의될 수 있다. 현재 송전철탑 설계기준에서 채택하고 있는 돌풍을 산정식은 아래와 같이 정의하고 있다.

$$G = \frac{\text{분석단위중최대순간풍속}}{\text{분석단위중최대10분간평균풍속}}$$

##### 2.3 풍속자료에 의한 돌풍풍속 산정

본 연구에서는 년최대풍속, 월최대풍속을 이용하여 각각의 기준 돌풍을 산정하고 현재 적용되고 있는 기준 돌풍율과 비교하여 기준에 적용할 기준돌풍율을 결정하였다. 기준돌풍율에 대한 산정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$G = \frac{V_i}{V_m}$$

여기서,  $G$  = 돌풍율  
 $V_i$  = 순간풍속(m/s)  
 $V_m$  = 평균풍속(m/s)

이 식을 이용하여 우리나라 기상관측소의 풍속관측자료 중 10분간 평균풍속과 순간풍속이 동시에 기록되어 있는 자료들만 모아서 통계처리하여 10분간 평균풍속별 돌풍율과 표준편차에 대한 결과를 산출하였다.

##### 2.3.1 월최대풍속 자료를 이용한 돌풍을

월최대풍속을 이용하여 평균풍속을 순간풍속으로 변환하는 기준돌풍율을 산정하였다. 우선 20m/s 이하에서 적용될 기준돌풍율의 산정방식은 너무 낮은 평균풍속(6m/s 이하)의 데이터는 제외하고 6~20m/s 구간의 돌풍율의 평균치를 산정하였다. 그리고 40m/s 이상에서 적용될 돌풍율은 구간에 적합한 데이터가 존재하지 않는 이유로 36~40m/s 구간의 돌풍율의 평균치를 이용하여 적용하였다. 20~40m/s 구간의 돌풍율은 28~32m/s 구간의 돌풍율의 평균치를 절편으로 하는 직선으로 가늠하여 돌풍율 산정식을 결정하였다. 결과는 표 1과 같다.

〈표 1〉 평균풍속별 돌풍율(월최대풍속자료 이용)

10분간 평균풍속(Vm)	돌풍율(G)
20m/s 이하	1.53
20 ~ 30m/s	1.83-0.015Vm
30 ~ 40m/s	1.53-0.005Vm
40m/s 이상	1.33

##### 2.3.2 년최대풍속 자료를 이용한 돌풍을

년최대풍속자료를 이용하여 평균풍속을 순간풍속으로 변환하는 기준 돌풍율을 산정하였으며, 산정방식은 월최대풍속을 이용한 돌풍율 산정방식과 동일하다. 결과는 표 2와 같다.

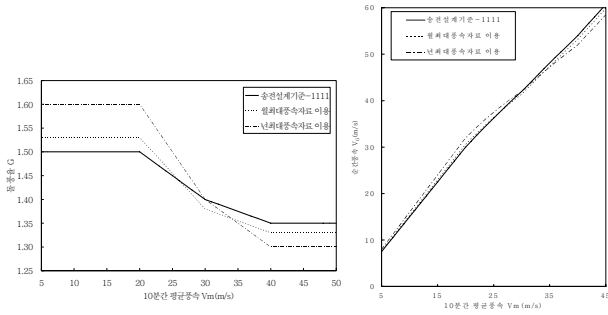
〈표 2〉 평균풍속별 돌풍율(년최대풍속자료 이용)

10분간 평균풍속(Vm)	돌풍율(G)
20m/s 이하	1.60
20 ~ 30m/s	2.00-0.02Vm
30 ~ 40m/s	1.70-0.01Vm
40m/s 이상	1.30

##### 2.3.3 기준 돌풍을

앞에서 우리나라 기상관측소의 풍속자료 중 10분간 평균풍속과 순간풍속이 동시에 기록되어 있는 데이터를 이용하여 월최대풍속과 년최대

풍속을 산출한 후, 순간풍속과 10분간 평균풍속의 비율인 기준돌풍을 산정하였다. 그림 2에서는 현재 적용되어 송전설계기준에 채택되고 있는 평균풍속대별 돌풍율과 비교하였으며, 그림 3에서는 풍속대별 돌풍율을 이용하여 평균풍속과 순간풍속의 관계를 비교하였다



<그림 2> 돌풍을 비교

<그림 3> 순간풍속 산정식 비교

그림에서 알 수 있듯이 월최대풍속자료를 이용하여 산출한 돌풍율은 송전설계기준에서 채택되고 있는 기존의 돌풍율과 거의 유사한 결과를 보여주고 있으나, 년최대풍속을 이용한 돌풍율은 풍속대별로 약간의 차이를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 송전설계기준의 토대가 되고 있는 1986년 「송전철탄 설계풍속에 관한 연구」에서 돌풍율을 산정하기 위한 풍속자료의 개수가 5,072개인데 반해 년최대풍속을 이용한 처리과정에서는 1,669개의 풍속자료가 사용되었다. 본 연구에서는 통계적으로 유효한 값이 적고 표준편차의 범위가 큰 년최대풍속을 이용한 돌풍율보다는 관측데이터의 수가 상대적으로 많은 월최대풍속을 이용한 돌풍율을 사용하기로 하며, 현재 송전설계기준에서 적용되고 있는 돌풍율과 많은 차이점이 보이지 않으므로 기존의 풍속대별 돌풍율을 그대로 적용하기로 하였다.

## 2.4 기준속도압

속도압은 구조물에 작용하는 풍압력을 산정하는 경우, 기본이 되는 양으로써 바람이 지닌 단위체적당 운동에너지를 말한다. 이것을 속도압  $q$ , 풍속  $V$ , 공기밀도  $\rho$ 라고 할 때, 다음 식과 같이 주어진다.

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2$$

우리나라의 경우 설계의 대상이 되는 강풍으로는 여름에 불어오는 태풍, 봄과 가을에 주로 발생하는 저기압·전선풍 및 동절기에 불어오는 계절풍을 들 수 있다 각각의 경우에 공기밀도는 강풍이 불어오는 시기 및 지역에 따라 차이가 있으나, 본 연구에서는 전국을 일률적으로  $\rho = 1/8 = 0.125 \text{ kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$  값을 택하여 속도압  $q$ 를 다음 식으로 하였다.

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2 = \frac{1}{16} V^2 (\text{kgf}/\text{m}^2)$$

여기서, 공기밀도  $\rho$  값을  $0.125 (\text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4)$ 로 결정한 이유는 우리나라에 가장 심각한 피해를 가져오는 태풍에 대해서는 충분히 안전적인 값이 되고, 우리나라에 강풍을 유발시키는 발생성인 중 가장 높은 빈도를 차지하는 것이 저기압 전선풍이기 때문이다.

### 2.4.1 지역별 풍속압 등가선도 작성

앞에서 기준돌풍율을 기준으로 산출된 순간풍속과 공기밀도를 이용하여 지역별 순간풍속압을 그 결과를 토대로 그림4와 같이 지역별 순간풍속압 등가선도를 작성하였으며, 등가선의 간격은  $25 \text{ kg}/\text{m}^2$ 이다. 다음 표 3은 참고자료로서 각각의 등가선 간격에 따른 풍속압의 풍속환산치이다.

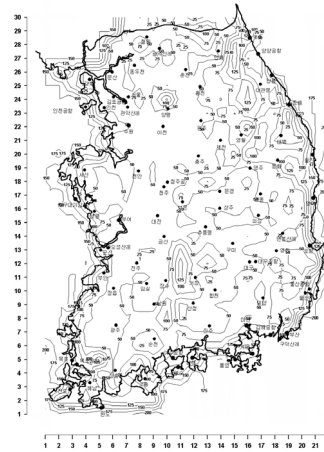
<표 3> 하중조건별 풍속압 구분표

하중구분	풍속압 (kg/m <sup>2</sup> )	풍속(m/s)		돌풍율
		평균풍속	순간풍속	
I	200	41.9	56.6	1.35
II	175	39.1	52.9	1.35
III	150	36.6	50.0	1.37
IV	125	32.2	44.7	1.39
V	100	28.2	40.0	1.42
VI	75	23.6	34.6	1.47
VII	50	18.9	28.3	1.50

## 2.5 설계기준풍속압 개정(안)

앞에서 제시한 바와 같이 지역별 기준풍속압을 기준으로 설계기준 풍속압을 제시하고자 한다. 송전설계기준에서 제시하고 있는 바와 같이 3개의 지역구분으로 재정리하였으며, 기준이 되는 풍속압은 50년 재현주기 풍속압을 사용하였다. 그림 5는 새로운 지역구분을 행정구역으로 나타낸 지역구분 지도이다. 또한 최근 기상자료에 의하면 기존 1지역보다 더 큰 풍속압이 작용하는 지역이 있는 것으로 파악되었으며 이는 대부분 태풍풍로인 해안가에 위치하고 있어 해당구간에 송전선로의 건설시

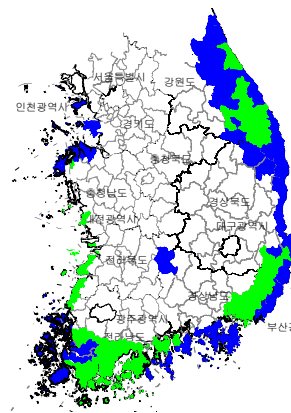
별도의 기술적인 검토를 통하여 설계하중 분석을 통한 기준적용이 가능하도록 자료를 제시하였다.



<그림 4> 50년 재현주기 순간풍속압의 등가선도 예시(고은계)

<표 4> 하중조건(안)

지역 구분	기준풍속압 (kg/m <sup>2</sup> )	한계풍속(m/s)		돌풍율
		평균 풍속	순간 풍속	
고 I	117(175)	39.1	52.9	1.35
고 II	100(150)	35.7	49.0	1.37
계 III	76(현기준)	33.7	46.6	1.38
저 I	100(150)	35.7	49.0	1.37
저 II	84(125)	32.2	44.7	1.39
계 III	38(현기준)	25.3	36.0	1.42



<그림 5> 개정된 지역구분도 (청 : 1, 녹 : 2, 백 : 3지역)

위에서 표 4와 표 5는 본 연구에서 제시하는 하중조건이다. 송전설계 기준에서는 공기밀도를 고은계와 저은계에 다른 값을 가지는 공기밀도를 적용하였으나 본 연구에서는 공기밀도를 동일하게 적용하였기 때문에 송전설계기준에서의 기준풍속압과 풍속이 다른 비율을 가지고 있다. 그리고 실무현장에서의 혼선을 방지하기 위해서 기존의 지역구분에 따른 기준풍속압은 그대로 유지하기로 한다.

## 3. 결 론

본 연구에서는 기상관측년수가 20년 이상인 기상관측소에서의 풍속자료를 이용하여 통계작업을 통한 지역별 재현주기별 설계풍속압을 개정하여 제안하였다. 이는 최초 연구가 시작된 후 약 20년이 경과한 시점으로 최근들어 우리나라에 영향을 주는 태풍의 규모와 세기가 증가하고 있는 추세이며, 지속적으로 누적된 기상관측소에서의 풍속자료를 반영하여 통계적 분석과정을 거쳐 제안된 개정(안)이다.

또한 송전철탄의 건설지점이 지역주민의 민원 등에 의하여 산악지역으로 이동하는 추세에 있다. 현재 설계기준에서는 국부적인 지형으로 인한 풍속증가를 반영하고 있지 못하고 있다. 국내 건축물 하중기준에서는 국지적인 지형에 의한 풍속할증에 대해 규정하고 있으며, 건설교통부와 건축학회를 중심으로 태풍상승 피해지역에 대한 풍속증가를 고려하는 방향으로 개정작업이 이루어지고 있다. 해외의 경우에도 국부지형에 의한 할증요인을 중심으로 풍하중 설계 합리화를 위한 여러 가지 사항을 도입하는 것으로 조사되었다.

향후 이러한 풍공학 기술의 진보와 주변 기술기준의 수준이 높아지는 시점에 국내의 송전철탄 풍하중기준에 대한 전반적인 검토를 수행하여 지형조건을 고려한 기별설계하중 연구를 수행할 예정이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한전전력연구원 연구보고서 : 송전용 지지물 풍하중설계기준에 관한 연구, 2007. 8
- [2] 신구용, 이동일, 신태우, 최진성, 방항권, "송전용 풍하중 설계기준 합리화를 위한 기술검토", 대한전기학회 하계학술대회, 2007.7
- [3] 하영철, 조남식 : 설계용 기본풍속의 추정에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 1994. 11., 제10권 제11호, pp. 247~251