

# 서남해안 장대교량에 적합한 설계 풍속 산정

## Estimation of Design Wind Speed Compatible for Long-span Bridge in Western and Southern Sea

김 한 수<sup>1)</sup>                      이 현 호<sup>2)</sup>                      조 두 용<sup>3)\*</sup>                      박 선 규<sup>4)</sup>  
Kim, Han Soo                      Lee, Hyun Ho                      Cho, Doo Young                      Park, Sun Kyu

### Abstract

Recently there are many long span cable supported bridges like Cable Stayed Bridge and Suspension Bridge already constructed or planned. Reconsidering of proper design wind load of long span bridge is required since the meteorological value based on the data only from 1960s to 1995 has been used when we estimate the wind load for designing long span bridges. In this paper, the research area was confined to western and southern coasts where many long span bridges have constructed. The method of moment and the least-squares method were used to estimate the expected wind speeds of 100 year's return period for girder bridges and for 200 year's return period for long span bridges based on the Gumbel's distribution. As the return-period wind speed on the land face was revised because of recent high speed velocity, the revised return-period wind speed is increased by 17%. Compatibility of return-period wind speed was also evaluated using RMS (Root Mean Square) error method. As a result of this paper, the least-squares method is more compatible than the method of moment in the case of western and southern coasts in Korea

**Keywords** : Basic wind speed, Return period wind speed, Least-squares method, RMS error method

### 1. 서론

최근 인천대교를 비롯하여, 거가대교, 이순신대교에 이르기까지, 우리나라의 서남해안에 많은 사장교 및 현수교 형식의 케이블 장대교량이 건설되고 있거나 이미 준공되었다. 또한 국토 77호선의 지속적인 건설과 더불어 향후 대규모 연락교 프로젝트가 계획·진행 중에 있다. 이와 같이 해상 장대교량을 설계하기 위해서는 일반적으로 교량의 정적 풍하중을 산정하며, 이때 설계 대상지역의 기본 풍속을 결정하는 것이 가장 기본적인 항목 중 하나이다.

이와 관련해서, 현재 우리나라의 풍하중 기준(도로교설계기준, 2005)에서 제시하고 있는 기본풍속은 지역과 기상대의 설치년도에 따라 차이는 있으나, 1951년부터 1995년까지 각 지역별 풍속자료에 의해 연최대풍속 기록을 극치분포(Gumbel 분포)에 근사화 시켜 산정한 100년 재현기대풍속이다. 이는 일반적으로 경간장 200m이하

일반 중·소교량에서 적용가능한 것으로, 해상 장대교량에 적용하기는 부적합하다.

따라서 이러한 이유로 최근 ‘케이블강교량 설계지침(2006)’에서는 장대교량에 적합한 기본풍속 산정을 위해서 200년 재현기대값을 근거로 하고 있으나, ‘케이블강교량설계지침(2006)’이 공포되기 이전에 이미 건설되어 공용중인 해상 장대교량에 대해서는 별도의 지침이 없어 관련 연구가 필요한 실정이다.

아울러 최근 급격히 진행되고 있는 지구온난화로 인해, 근파스와 같이 순간 최대풍속이 40~60m/s를 상회하고 있는 국지성 태풍이 빈번히 발생하고 있으므로, 태풍의 주요 경로에 해당하는 서남해안 지역의 장대교량에 대해서는 별도의 내풍능력 검토에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 최근 40년간의 지역별 관측소에서 측정된 풍속자료를 토대로, 풍속의 재현기대값을 추정할

1) 정회원, 성균관대학교 초고층,장대교량학과 석사과정  
2) 정회원, 성균관대학교 초고층,장대교량학과 석사과정  
3) 정회원, 성균관대학교 과학기술연구소 선임연구원  
4) 정회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과 교수

\* Corresponding author : dooyongcho@skku.edu 031-299-4790

• 본 논문에 대한 토의를 2011년 4월 30일까지 학회로 보내주시면 2011년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

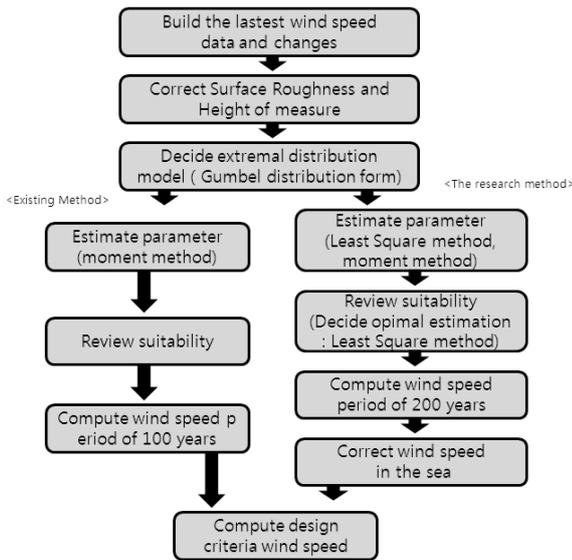


Fig. 1 Procedure of basic wind speed estimation

수 있는 Gumbel 적률법(김동우 등, 2004)과 최소자승법을 통해, 서남해안 장대교량의 내풍설계에 적용할 수 있는 재현기간 200년의 기본풍속을 추정하였다. 또한 Hazen Plot 방법을 통해 적합성 판별을 수행하였으며, 해안지역의 극한 해상풍(Batts & Simiu, 1980)을 고려하여 기대풍속에 대한 보정도 수행하였다. 이를 통해 기존 선행연구 내용과 도로교 설계기준에 제시된 풍속 및 실제 장대교량 설계시 적용되고 있는 풍속과도 각각 비교·검토하였다.

## 2. 기본 풍속 해석 절차

현행 도로교설계기준(2005)에 제시된 풍속의 해석절차는 Fig. 1에 명시된 과정을 통해 산정되었다. 그러나 이는 해상 장대교량에 부적합하기 때문에, 이를 보완하기 위해 최근 40년의 기상자료를 토대로, '케이블강교량 설계지침(2006)'에서 제시하는 100년 재현주기를 200년 재현주기로, 적합도 판단을 통해 극치분석방법을 기존의 적률법이 아닌 최소자승법으로, 마지막 단계에서는 지상 풍속을 해안 지역의 극한 상황인 해상풍속으로 보정하는 과정을 거쳐, 서남해안 장대교량에 적합한 설계풍속을 제안하였다. 각각의 세부 수행과정은 다음과 같다.

### 2.1 관측자료의 보정

도로교설계기준(2005)에 의하면, 기본풍속( $V_{10}$ )은 개

Table 1 Height and surface roughness of observatory in the west and southern coasts

Observatory	Surface Roughness	Year of change (elevation of Observatory/ Height of anemometer) (m)		
Seosan	III	71(19.7/12.5) 00(25.2/20.2)	81(19.7/11.8)	98(25.9/14.0)
Incheon	III	71(68.9/14.0) 05(54.6/11)	85(68.9/11.0)	00(68.9/14.0)
Gunsan	III	71(26.3/14.5) 04(26.9/18.0)	00(25.6/18.0)	03(26.9/15.3)
Yeosu	III	71(67.0/10.5)	98(66.1/20.8)	
Tong-yeong	III	71(32.2/14.9)	81(32.2/11.5)	98(30.8/15.2)
Jeju	III	71(22.0/10.5) 98(20.0/14.4)	85(22.0/11.5) 04(19.9/12.3)	87(22.0/12.3)
Mokpo	III	71(53.4/15.8)	98(37.9/15.5)	
Ulsan	III	71(31.5/10.8)	98(34.7/16.4)	00(34.6/12.2)
Busan	VI	71(69.2/17.8)		
Seog-wipo	II	71(51.9/8.9) 08(50.4/10.0)	81(51.9/9.2)	85(51.9/10.0)

활지(조도구분Ⅱ)에서의 지상 10m의 10분간 평균풍속을 사용하도록 하고 있다. 각 지역 기상관측소의 기록은 풍속계 설치 지상높이가 일정하지 않고, 기상대의 주변상황 또한 일정하지 않기 때문에 각 지역에 대한 관측자료(연최대풍속)를 그대로 비교 분석한다는 것은 신뢰성이 떨어지고 각 지역 기상관측소의 풍속계 설치 높이와 주변조건이 일정하지 않으므로 비교될 자료가 동일한 조건을 갖도록 보정하여야 한다.(김동우 등, 2004). 기상청의 기상연보(1971-2009)를 참조하여 관측소가 이전하거나 풍속계의 높이가 변경된 경우 보정을 행하였고, 기상관측소가 산중턱이나 산위에 위치하는 지역(인천, 군산, 목포, 여수, 통영, 부산)에 대하여 다음 식(1)으로 주어지는 지표면으로부터의 유효높이를 고려하여 풍속을 보정하였다(하영철 등 1998). 관측소의 풍속관측 높이 변동 이력은 Table 1에 수록하였다. Table 1에서 괄호 밖의 숫자는 변경이 일어난 연도이고 괄호 안은 해당연도 관측소의 해발높이 및 풍속계의 높이이다.

$$Z_e = (H_a - \overline{H_a}) - (\overline{H} - \frac{Z_0}{k}) \quad (1)$$

여기서,  $Z_e$ 는 지표면으로부터의 유효높이(m),  $H_a$ 는 지점의 해발높이(m),  $\overline{H_a}$ 는 지표면의 평균해발높이,  $\overline{H}$ 는 건축물의 평균높이(m),  $Z_0$ 은 주변지역의 조도장(m),  $k$

Table 2 The  $\alpha$ ,  $Z_G$ ,  $Z_b$  by changing the surface roughness  
(The Highway Bridge Design Criterion)

Classification of surface roughness	Surface Condition	$\alpha$	$Z_G$	$Z_b$	$Z_0$
I	• Sea, Coast	0.12	500	10	0.01
II	• Open area, Farmland, Rural Area • Scattered trees and low-rise buildings in the area	0.16	600	10	0.05
III	• Dense trees and low-rise buildings in the area • Scattered high or middle-rise buildings in the area • Gradual hills	0.22	700	15	0.3
IV	• Dense high or middle-rise buildings in the area • Rugged hills	0.29	700	30	1.0

는 카르만정수( $\approx 0.4$ )이다.

풍속에 대한 보정은 다음과 같은 단계를 통하여 수행하였다.

- ① 지표면의 조도를 하영철 등(1998)의 연구를 참조하여 결정한다(Table.1).
- ② 각 지점의 지표면조도구분에 따른 풍속의 고도분포계수  $K_z$ 를 사용하여 위 ①의 풍속을 경도풍  $Z_G$ 의 값으로 환산한다. 풍속의 고도분포계수  $K_z$ 는 도로교설계기준에 제시된 값을 다음과 같이 적용하였다.

$$K_z = 1.925 \left( \frac{Z}{Z_G} \right)^\alpha, Z \geq Z_b \quad (2)$$

$$K_z = 1.925 \left( \frac{Z_b}{Z_G} \right)^\alpha, Z < Z_b \quad (3)$$

여기서,  $Z_G$ 는 풍속이 지표조도에 관계없이 일정한 곳까지의 높이,  $Z_b$ 는 지표면 지형물의 대표높이,  $\alpha$ 는 고도분포지수이다.  $Z_G$ ,  $Z_b$ ,  $\alpha$ 는 가설지점 주변 지역의 지표조도에 따라 달라지며 Table 2로부터 결정된다.

- ③ Table 1의 지표면조도구분 II의 연직방향 고도분포계수  $K_z$ 를 사용하여 ②에서 구한 경도풍 높이에 서의 풍속을 지상높이 10m의 풍속으로 환산한다.

## 2.2. 극치분포 모델 결정

연최대풍속의 분포 모델은 도로교설계기준(2005) 및 건축구조설계기준(2005) 등의 풍하중 기준과 마찬가지로 우리나라의 풍속에 가장 적합한 분포형으로 알려진(조효남 등, 1989) 극치 I 형분포(Gumbel)로 가정하여 각 지역에 일률적으로 적용하였다.

Gumbel 분포함수는 (4) 식과 같이 주어진다.

$$F(V) = \exp[-e^{-a(V-b)}] \quad (4)$$

여기서,  $F(v)$ 는  $V$ 의 비초과확률,  $V$ 는 연최대풍속(m/s),  $a$ (scal parameter)와  $b$ (location parameter)는 분포형의 매개변수(특성값)로 정수이다.

연최대풍속의 분포가 Gumbel의 분포형을 따른다고 가정할 때, 임의의 재현기간  $T$ 년에 발생 가능한 기대값과 식(4)의 누적분포함수  $F(V)$  사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$F(V) = 1 - \left( \frac{1}{T} \right) \quad (5)$$

식(5)를 식(4)에 대입하여 정리하면 재현기대풍속  $V(T)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V(T) = -\frac{1}{a} \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] + b \quad (6)$$

## 2.3 매개변수 추정

매개변수를 추정하는 대표적인 방법은 적률법과 최우도법 그리고 최소자승법이 있다. 본 연구에서는 표본 수가 적을 경우 적합성이 크게 떨어지는 최우도법(조효남 등, 1989)을 제외하고, 최소자승법과 보편적으로 쓰이는 적률법, 두 가지 방법을 적용하여 추정하였다. 적률법에 의한 매개변수  $a$ ,  $b$ 는 다음 식(7), (8)로 구할 수 있다(김동우 등, 1991)

$$a = \frac{1}{0.78 \times \sigma} \quad (7)$$

$$b = \bar{V} - 0.45\sigma \quad (8)$$

여기서,  $\bar{V}$ 는 연최대풍속의 평균,  $\sigma$ 는 표준편차이다.

최소자승법(Least square method)은 풍속 데이터로부터 오차의 제곱합을 최소화시키는  $y = ax + b$  형태의 표본회귀직선을 선택하는 방법으로써 여기서 구해진  $a, b$ 는 식(9), (10)와 같이 유도될 수 있다.

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n xy - \frac{\sum_{i=1}^n x \sum_{i=1}^n y}{n}}{\sum_{i=1}^n x^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x)^2}{n}} \quad (9)$$

$$b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y - \frac{a}{n} \sum_{i=1}^n x \quad (10)$$

## 2.4 적합성 판단

극치분포모델 및 매개변수 추정식의 적합성을 판단하기 위해, 본 연구에서 수행한 Gumbel 분포에 가장 잘 부합되는 것으로 알려진 Hazen Plot 방법(식(11))을 적용하였다(건축물 하중기준 및 해설, 2008).

$$F(V_i) = 1 - \frac{2i-1}{2n} \quad (11)$$

여기서,  $F(V_i)$ 는 비초과 확률,  $n$ 은 표본의 개수,  $i$ 는 연최대 풍속을 내림차순 정렬한 순위이다.

적률법과 최소자승법에 의하여 얻어진 누적분포함수에 의한 풍속값  $V_i$ 와 Hazen Plot 방법에 의해 도출한 관측값  $v_i$ 에 대한 적합성은 확률 모형 검증 방법중 하나인 RMS(Root mean square) error (식12)로 평가하였다.

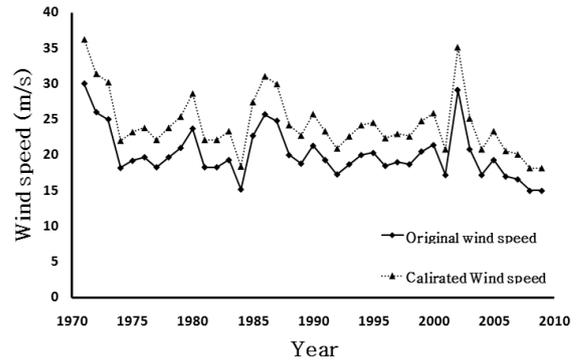


Fig. 2 Wind speed revised by surface roughness(Mokpo)

$$E = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (V_i - v_i)^2}}{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n v_i} \quad (12)$$

여기서,  $n$ 은 데이터개수이다. 이때 오차율  $E$  값이 5% 보다 작을 경우 적합하다고 판단한다(건축물 하중기준 및 해설).

## 3. 재현기대풍속 산정 및 검토

### 3.1 지역별 재현기대값 산정

재현기대값 산정 과정은 목포지역을 예시로 하여 살펴 보았다. 먼저 관측자료의 균질화를 위해, Fig.2에 도시되어있는 것처럼 식(2), (3)을 적용하여 본문2.1의 ①에서 ③의 과정을 통하여 지표조도구분Ⅱ, 지상높이 10m에서의 풍속으로 보정하였다. 보정 결과 약 5m/s의 풍속의 차이를 보였는데, 이를 통해 지표조도 및 관측변동자료의 보정에 대한 중요성을 알 수 있을 것이다. 그 다음 과정으로 적률법은 식(7), (8), 최소자승법은 식(9), (10)을 각각 적용하여 매개변수를 추정하고 분포형의 특성값을 구하였다. 연최대풍속의 분포가 Gumbel분포형에 따른다고 하면, 재현기간  $T$ 년에 발생 가능한 재현기대풍속  $V(T)$ 는 식(6)으로 나타낼 수 있고 도로교설계기준(2005)에 명시된 서남해안 지역에 대하여 최대풍속의 재현기대값을 Table 3에 정리하였다.

### 3.2 적합성 판단 분석

적률법과 최소자승법을 통하여 산정한 재현기대 풍속

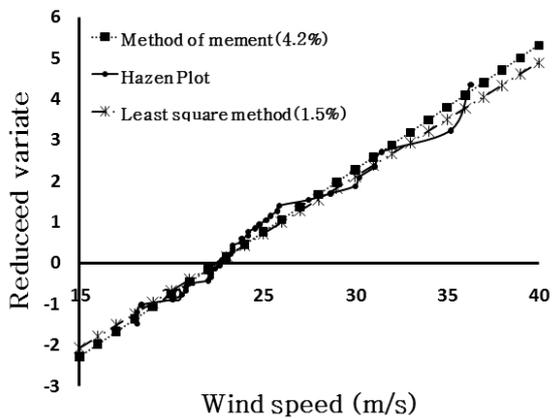


Fig. 3 Comparison between Hazen Plot and other parameter estimations(Mokpo)

값과 RMS error방법에 의해 도시한 관측값에 대한 적합성 검토를 수행하여 신뢰성을 갖춘 추정법을 결정하였다. Fig. 3은 Mokpo지역의 적합도 검정을 실시한 결과이다.

오차율이 기존 Gumbel 적률법의 경우 4.2%의 오차율을 최소화승법의 경우 1.5%의 오차율을 보였다. 이와 같은 방법으로 서남해안 지역 10개 지역의 적합도 결과(Table 3)을 산출을 제외한 모든 지역에서 기존 방법으로 쓰이는 Gumbel 적률법보다 최소화승법을 통한 재현기대풍속 추정치가 오차율이 작다는 것을 보여준다. 서남해안 지역의 경우 기존의 적률법보다 최소화승법의 경우가 오차율이 작아지는 이유는 최근 들어 발생한 대형 규모의 태풍 및 기상 변화로 인한 풍속의 변화가 주된 이유라 판단된다. 이를 통

Table 3 Wind speeds for return period of annual-maximum wind speed and the wind speed correction on the sea

Place name	Estimation Method	N	$\bar{V}$	$\sigma$	a	b	RMS E (%)	The statistics of the last 40 years(1970~2009)			
								General Bridge ( $V_{100}$ )	Long span Bridge ( $V_{200}$ )	$V_{200}(0.005m)$	Long span Bridge in the sea ( $V_{under}$ )
Seosan	Moment Method	39	18.29	2.96	0.43	16.96	3.3	27.57	29.18	35.98	42.33
	Least Square Method	39			0.4	16.93	1.5	28.52	30.28	37.34	43.92
Incheon	Moment Method	39	22.18	3.99	0.32	20.38	2.1	28.90	30.71	37.86	44.22
	Least Square Method	39			0.29	20.31	1.5	30.11	32.10	39.58	46.22
Gunsan	Moment Method	39	21.89	4.3	0.3	19.96	3.6	35.38	37.71	46.50	54.7
	Least Square Method	39			0.27	19.9	1.5	36.71	39.25	48.39	56.93
Yeosu	Moment Method	39	26.54	5.65	0.23	24	2.7	37.33	40.45	49.87	58.25
	Least Square Method	39			0.21	23.91	1.5	40.72	43.79	53.99	63.05
Tong -yeong	Moment Method	39	24.21	5.07	0.25	21.93	3	35.92	38.38	47.32	55.67
	Least Square Method	39			0.23	21.86	1.5	37.409	40.11	49.46	58.19
Jeju	Moment Method	39	19.36	4.4	0.29	17.38	0.9	33.16	35.55	43.83	51.57
	Least Square Method	39			0.29	17.47	0.5	33.5	35.93	44.30	52.12
Mokpo	Moment Method	39	24.38	4.23	0.3	22.48	4.2	35.85	38.04	46.90	54.78
	Least Square Method	39			0.28	22.4	1.5	37.15	39.53	48.74	56.92
Ulsan	Moment Method	39	16.24	3.55	0.36	14.64	2.7	27.39	29.32	36.15	42.53
	Least Square Method	39			0.33	15.59	4.1	29.6	31.71	39.10	46.0
Seog -wipo	Moment Method	39	16.9	4.1	0.31	15.5	3.2	29.6	31.99	39.44	46.4
	Least Square Method	39			0.28	14.99	1.4	29.77	33.6	41.43	48.74
Busan	Moment Method	39	26.32	4.38	0.29	24.35	3.4	35.88	38.01	46.87	54.73
	Least Square Method	39			0.27	24.3	1.5	37.11	39.44	48.63	56.79

해 현행 설계기준에 적용된 Gumbel적률법보다 최소자승 방법으로 추정된 풍속이 적합한 것으로 판단된다 .

### 3.3 해상 풍속 보정

해안 지역에 건설되는 해상 장대교량의 경우 극한 상황의 풍속은 바다에서 불어오는 경우이다. 기본풍속은 지상에서 측정하여 추정된 풍속이기 때문에, 해상에서 발생하는 풍속으로 보정할 필요성이 있다. 이론적으로 지표면에서는 점착조건에 의해 풍속이 0이나, 수면에서는 점착조건에 의해서 수면의 이동속도와 풍속이 같아져 조도길이 가 같은 지표면의 풍속보다 빠르게 된다. 해상에서의 풍속을 육상에서의 풍속으로 감소시키는 계수를 선행 연구자들과 문헌에서 살펴본 결과 HUR 7-120 보고서에서는 해상풍속이 37m/s를 초과하는 풍속에 대해서 0.78을 사용하였다. Bietry(1978)의 경우 다음과 같은 식(13)을 제안하였다.

$$\frac{V_{land}}{V_{water}} = \frac{1}{0.2p \ln \frac{10}{z_0}} \quad (13)$$

여기서  $V_{land}$ 는 지상에서의 풍속,  $V_{water}$ 는 해상에서의 풍속,  $p$ 는 저감 계수,  $z_0$ 은 조도 길이이다. 그러나 식(13)는 경도풍을 지균폭으로 가정할 수 있는 강풍에 대한 상사 관계에 기초로 하고 있기 때문에 해안 지역의 극한 상황인 태풍에 의한 발생한 강풍 적용시에는 불확실성이 존재한다. 이러한 부분을 보완하기 위해 Batts & Simiu (1980)는 허리케인이 해상을 지나는 경우에 수면 위 10m의 풍속과 조도길이  $z_0=0.005m$ 인 지면 위 10m의 풍속에 대하여 식(14)와 같은 계수를 추정하였다.

$$\frac{V_{land}(z_0 = 0.005)}{V_{water}} = 0.85 \quad (14)$$

극치 분석법을 통해 추정된 재현기대풍속은 지표조도 구분II ( $z_0=0.05m$ )인 지면 위 10m의 풍속이므로  $z_0=0.005m$ 일때의 속도를 구하기 위해 로그 풍속연직프로파일식(15)를 이용하였다.

$$V(z) = \frac{u^*}{k} \ln(z/z_0) \quad (15)$$

Table 4 Comparison between The Highway Bridge Design Criterion and wind speeds of 100 year's return period

Place name	Bridge Design Criteria (2005)	Estimation Method	General Bridge	
			$V_{100}$	A percentage change(%)
Seosan	35	Moment Method	27.57	21.23
		Least Square Method	28.52	18.51
Incheon	35	Moment Method	34.72	0.80
		Least Square Method	36.17	-3.34
Gunsan	40	Moment Method	35.38	11.55
		Least Square Method	36.71	8.22
Yeosu	40	Moment Method	44.26	-10.65
		Least Square Method	46.19	-15.48
Tong-yeong	40	Moment Method	40.12	-0.30
		Least Square Method	41.79	-4.48
Jeju	45	Moment Method	33.16	26.31
		Least Square Method	33.5	25.56
Mokpo	45	Moment Method	37.65	16.33
		Least Square Method	38.96	13.42
Ulsan	45	Moment Method	27.39	39.13
		Least Square Method	29.6	34.22
Seog-wipo	45	Moment Method	29.77	51.15
		Least Square Method	31.16	44
Busan	40	Moment Method	40.08	-0.20
		Least Square Method	41.52	-3.80

여기서  $k$ 는 카르만 상수(≒ 0.4)이다.  $u^*$ 는 지표면에 의한 전단속도,  $z_0$ 은 조도길이이다.

로그 풍속연직프로파일의 상사관계를 이용하여 풍속을 추정하기 위해서는 두 경우의 마찰속도의 비가 요구된다.

Simiu & Scanlan(1996)의 연구를 토대로 식(16)를 적용하였다.

$$\frac{u_{(z_0=0.005)}^*}{u_{(z_{01}=0.05)}^*} = \left(\frac{z_0}{z_{01}}\right)^{0.0706} = 0.85 \quad (16)$$

식(14~16)을 적용하여 해상 보정을 실시한 서남해안 10개 지역의 풍속은 Table 3에 제시하였다. 적용 결과 해상 보정계수를 적용한 해상보정풍속은 지상 풍속보다 약 1.45배 정도의 높은 풍속으로 추정되는 것을 확인할 수 있다.

### 3.4 해석 결과 분석

위와 같은 과정을 거쳐 최근 실측 자료를 토대로 서남해안 지역의 장대교량에 대한 연최대풍속의 200년 재현기대값과 해상지역으로 보정된 풍속값을 산정하여 Table 3과 같이 제시하였다.

현행 도로교설계기준의 기본풍속은 기존 추정방법을 토대로 재현기대풍속에 15~ 30% 정도의 안전율을 감안하여 상향 조정된 수치이다.(박선상, 2004) 그러나 최근 지구온난화에 따른 실측 기상자료를 반영하여 고려해 볼 때, Table 4에서와 같이 기존 도로교설계기준(2005)과 비교하여 -15.48~51.15%에 해당하는 불규칙적인 특성을 갖고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 기존 설계기준에서 제시하고 있는 기본 풍속에 대한 특성도 상당히 재고될 필요가 있으며, 이와 유사한 이유로 '케이블강교량 설계지침(2006)'에서 제시하는 장대교량에 적합한 200년 재현주기의 기본 풍속과 해상풍을 고려하여 해상지역의 기본풍속 등에 관한 연구도 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

Table 3에서와 같이 본 연구를 통해 장대교량에 적합한 200년 재현주기의 기본 풍속을 적률법과 최소자승법으로 산정하여 비교한 결과, 두 가지 방법 모두 적합도 검정에서 5%내로 적합한 결과를 얻을 수 있었지만, 울산지역을 제외한 모든 지역에서 적률법보다 최소자승법에 대한 방법의 오차율이 1.5% 이내로 적합하게 수렴함을 알 수 있었다.

## 4. 결론

본 연구에서는 케이블강교량 설계지침(2006)에서 제

시하는 장대교량의 설계기본풍속에 대한 연구를 수행하였다. 특히 급속히 변화하는 기후환경에서 극한 해상풍이 빈번히 발생하고 있는 서남해안지역의 장대교량에 적합한 설계기본풍속을 산정하기 위해, 최근까지의 기상자료를 토대로, 극치분석 방법인 적률법과 최소자승법으로 추정하였으며, RMS(Root Mean Square) error 방법으로 적합성 평가하였다. 이러한 연구 결과를 토대로 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 최신 기상자료를 반영한 100년 재현기본풍속을 산정해본 결과 도로교 설계기준보다 -15.24~39.13%의 안전율을 고려하였다고 한다면, 최근 기후변화에 따른 풍속의 강도와 빈도가 높아짐에 따라 발생된 것이라고 할 수 있다. 따라서 지속적인 연구를 통해 다시 적절한 안전율을 반영한 100년 재현기본풍속을 재산정해야 할 필요가 있다고 할 수 있다.
- 2) 또한 적률법과 최소자승법을 통해 서남해안 지역의 기본 풍속을 산정한 결과 두 방법 모두 5%이내의 적합도 검정이 이루어졌으며, 특히 최소자승법의 경우 울산지역을 제외한 나머지 지역에서 1.5%이내로 적률법보다 좀 더 적합한 것으로 나타났다.
- 3) 태풍의 이동경로에 속하는 해안지역의 장대교량에 대한 기대풍속 산정시, 극한 상황의 해상풍을 고려하여 보정한 결과 약 1.45배 상향 조정됨을 알 수 있다.
- 4) 우리나라 서남해안지역의 장대교량 경우 기본풍속 추정의 불확실성과 대형 규모의 태풍에 대한 안전을 고려하여, 보수적인 내풍설계가 필요하며, 200년 재현주기의 기본풍속에 대해 해상풍속보정을 적용한 방안을 제안하였다.

본 연구는 도로교설계기준에서 명시된 서남해안 10개 지역의 장대교량에 적합한 설계기본풍속을 추정하는 것이며, 이를 위해 기상청의 자료를 정밀분석하고, 확률적으로 추정하여 재현주기 100년, 200년, 해상 장대교량에 대한 기대풍속을 제시하였다. 따라서 향후 지구 온난화에 따른 해수면의 상승과 해상풍의 발생빈도 및 강도 등에 대한 신뢰성 있는 자료를 기초로, 서남해안과 같은 극한 해상풍이 발생하는 환경에 적합한 장대교량 설계기본풍속 산정에 관한 연구가 지속되어야 할 것이다. 아울러, 환

경 변화가 급격히 빨라짐에 따라 기 구축되어 공용중인 장대교량에 대해서도 연구 결과들이 반영되어 면밀한 안정성 검토가 이루어져야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부, 도로교설계기준, 2005.
2. 권순덕, 이재형, “태풍 시뮬레이션을 통한 서남해안의 극한풍속 예측”, 대한토목학회, 제28권, 4호, 2008, pp.431-438.
3. 기상청, 기상연보(1971~2009).
4. 김노동, 최영규, “풍하중 산정시의 설계기본풍속에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 제4권 제2호, pp.123-129.
5. 김동우, 하영철, “최근 기상자료가 반영된 주요도시의 재현기대풍속 추정”, 한국공공학회지 논문집, 제8권 제2호, 2004, pp.147-154.
6. 대한건축학회, “건축물 하중기준 및 해설”, 2000.
7. 대한토목학회, “케이블강교량설계지침”, 2006.
8. 박선상, “교량의 풍하중 산정에 관한 연구”, 경희대학교, 공학석사 논문, 2004.
9. 박관석, “연최대풍속을 이용한 설계기본풍속의 추정에 대한 연구”, 공학석사 논문, 1997.
10. 배용귀, 한관문, “광양- 모도 지역의 통계학적인 풍속 추정”, 대한토목학회, 제28권, 2호, 2008, pp.197-205.
11. 이영규 등, “해상구조물의 내풍설계 기준 풍속 분석”, 한국공공학회지 논문집, 제13권, 제3호, 2009, pp.129-135.
12. 조효남, 차철준, 백현식 “확률에 기초한 한국의 기본 설계풍속 추정”, 전산구조공학, 제2권 2호, 1989.
13. Batts, M. E., Russell, L. R. and Simiu, E., Hurricane wind speeds in the united states, J. Structural Division, ASCE, Vol.105, 1980.
14. Hydrometeorological Branch Office of Hydrology, “Revised Standard Project Hurricane Criteria for the Atlantic and Gulf Coast”, Memorandum HUR 7-120, NOAA, National Weather Service, USA, 1972.
15. Simiu, E. and Scalan, R. H., “Wind Effects on Structures-Fundamentals and Applications to Design,3rd ed.”, John Wiley & Sons, NewYork, NY, USA, 1968.

(접수일자 : 2010년 10월 28일)

(수정일자 : 2010년 12월 27일)

(심사완료일자 : 2011년 1월 3일)

#### 요 지

최근들어 사장교나 현수교와 같은 케이블 형식의 장대교량이 많이 건설되거나 계획중에 있다. 하지만 도로교 설계기준에 제시된 풍하중 산정시 중요한 요인인 기본풍속 산정함에 있어서 1995년까지 측정된 풍속자료를 근거로 한 일반교량에 적합한 풍속을 명시하고 있어 장대교량에 적합한 풍속에 대한 재검토가 필요한 상황이다. 본 연구에서는 태풍의 빈도가 높고 대부분의 장대교량이 건설되고 있는 서남해안지역으로 구체화하였다. 풍하중기준과 같이 극치I형분포(Gumbel분포)에 의해 일반교량에 적용할 100년, 장대교량에 적용할 200년 재현기대풍속을 적률법과 최소자승법의 두 가지 방법으로 추정하고, 극한 상황인 해상에서 불어오는 풍속으로 보정하여 지상풍속보다 약 17%정도 큰 값을 추정하였다. RMS error 방법에 의해 재현기대풍속의 적합성을 평가한 결과 최소자승법이 서남해안지역의 경우 적합성이 우수하였다.

**핵심 용어** : 기본풍속, 재현기대풍속, 최소자승법, RMS error 방법