

# 타워크레인 안전작업을 위한 풍속 분석 및 평가

김용국 · 박대식

한국산업안전공단 산업안전보건연구원

## 1. 연구 목적

타워크레인은 건설공사를 수행하는데 필수적인 건설기계로써, 지상의 기초 부분으로부터 대개 50~100 m정도의 높이에 자립식(self-standing) 구조 또는 외부지지로 설치되고, 무게 중심점이 고소에 위치하여 풍하중 또는 자중에 의한 전도모멘트가 발생함으로써 항시 전도의 위험성을 안고 있다. 특히 운전석이 고소에 위치하여 그 안에서 운전작업을 하는 운전자들이 바람이 심하게 불어올 때면 안전상의 불안감을 제기하여, 이러한 불안감을 해소하는 차원에서 타워크레인의 설치높이별 풍속의 증가량을 산정하여 우리나라의 현실에 적합한 강풍시의 사용정지풍속을 연구하는데 그 목적이 있다.

## 2. 연구 내용

본 연구의 주요내용은 다음과 같다.

- (1) 본 연구는 타워크레인의 운전자들이 보다 안심하고 운전할 수 있도록 강풍시의 작업안전을 강화하는 차원에서 타워크레인의 높이 증가에 따른 풍속의 증가량을 산출하고, 실제로 지난 해 9월 12일에 남해안에 불어닥친 제9호태풍 「매미」가 불은 시점의 재해를 당한 크레인에 미친 풍속 등을 산정한다.
- (2) 기상청 폭풍주의경보 발령기준, 타워크레인의 높이 증가에 따른 풍속의 증가량 산정값 및 국제 규격 등을 종합적으로 판단하여 타워크레인 사용정지풍속을 제시한다.

## 3. 풍속 및 태풍의 기초자료 조사

### 3.1 기상용어 (기상청 자료)<sup>5)</sup>

- (1) 최대풍속 : 하루중 임의의 10분간 평균으로 가장 세게 불었던 때의 풍속
- (2) 최대순간풍속 : 하루중 바람이 순간적으로 가장 세게 불었던 때의 풍속  
※ 최대순간풍속은 10분간의 최대(평균) 풍속의 약 1.5배정도이다.

### 3.2 바람(풍속)의 강도 표현

용 어	풍속 (최대순간풍속) m/sec
바람이 매우 약하게 불다	1이하 (2이하)
바람이 약하게 불다	2~4 (3~7)
바람이 다소 불다	5~8 (8~12)
바람이 다소 강하게 불다	9~12 (13~18)
바람이 강하게 불다	13~17 (19~25)
바람이 매우 강하게 불다	18이상 (26이상)

### 3.3 기상 특보 발표 기준표 (육상기준)

- (1) 폭풍주의보 기준 : 최대풍속 14m/sec 이상 또는 최대순간풍속이 20m/sec 이상이 될 때
- (2) 폭풍 경보 기준 : 최대풍속 21m/sec 이상 또는 최대순간풍속이 26m/sec 이상이 될 때

### 3.4 최대순간풍속으로부터 최대(평균)풍속의 산정

타워크레인에 설치된 풍속계는 일반적으로 최대순간풍속을 나타낸다. 최대(평균)풍속의 값은 최대순간풍속을 작업장소의 지형별 계수로 나누어서 구한다.

<표 1> 최대(평균)풍속을 구하기 위한 작업장소 지형별 계수

작업장소의 지형	평야	주택지	중·고층빌딩가
계 수	1.2~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0

(예) 아파트 건설현장(주택지)에서 작업중인 타워크레인에 설치된 풍속계가 최대순간풍속 14m/sec을 지시할 때 최대(평균)풍속은 다음과 같이 구한다.

$$\text{최대(평균)풍속} = 14 \div 1.5 \sim 2.0 = 9.3 \sim 7.0 \text{ m/sec}$$

#### 4. 타워크레인 높이 증가에 따른 풍속의 증가량 산출

크레인에서 높이에 따른 풍속의 변화는 식 1<sup>7)</sup>에 의해 산출한다.

(출처 : Cranes & Derricks, p116-117, Howard I. Shapiro, Mcgraw -Hill Book Co.)

$$V = V_o \left( \frac{h}{h_o} \right)^P \quad (\text{식 1})$$

여기서, V : 주위 지상고 h 에서의 속도 (km/hr)

V<sub>o</sub> : 표준 지상고(10m) h<sub>o</sub> 에서의 속도 (km/hr)

P : power - law 지수

$$P = 0.031167 + 0.0021038 V_o - 0.000014549 V_o^2 + 0.000000036 V_o^3$$

예로써, 지상(10m, 측정표준높이)에서 10m/sec의 바람이 부는 경우에 높이 75m(25층 아파트 높이) 위치에서의 풍속값을 공식에 의거 계산하면 다음과 같다.

$$V = V_o \times \left( \frac{h}{h_o} \right)^P$$

$V_o = 10m/sec (36km/hr)$   
 $h = 75m$   
 $h_o = 10m$   
 $P = \text{Power - law 지수}$   
 $P = 0.031167 + 0.0021038V_o - 0.000014549V_o^2 + 0.000000036V_o^3$   
 $V_o = 36km/hr \text{ 인 경우}$   
 $P = 0.0897$

$$\therefore V = 36 \times \left( \frac{75}{10} \right)^{0.0897} = 43.13km/hr = 11.98m/sec (12\%) \text{ 증가}$$

결론적으로 이 계산을 통하여 표준 높이 10m에서 10m/sec의 바람이 75m 높이에서는 약 12%가 증가된 11.98m/sec로 풍속값이 증가됨을 알 수 있다.

#### 5. 제9호태풍 「매미」 풍속 측정표준높이(10m) 대비 타워크레인 높이별 풍속 변화값 산출

지상(10m 표준높이)에서 태풍 「매미」의 최대순간풍속이 60 m/sec인 경우에 타워크레인 높이를 각 10 m씩 증가시키면서 풍속값을 식 1<sup>7)</sup>에 의해 구한다.

$$V = V_o \left( \frac{h}{h_o} \right)^P$$

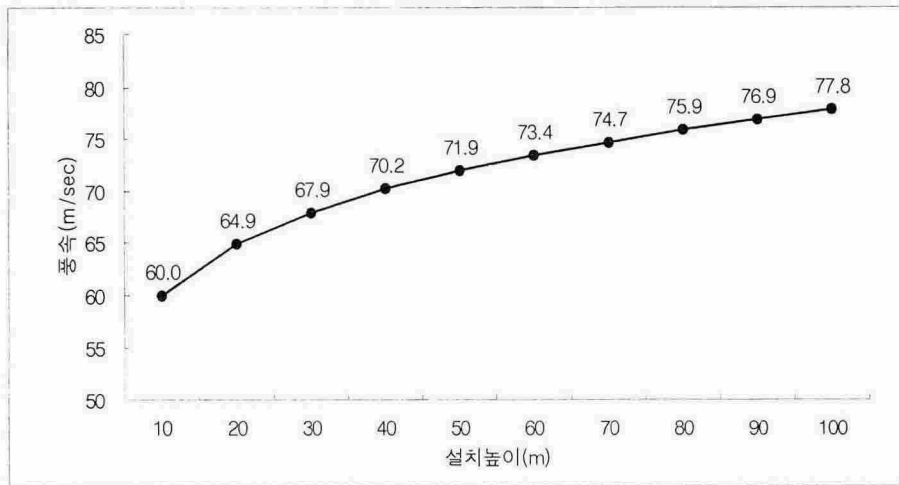
태풍 「매미」의 최대순간풍속  $V_o = 60\text{m/sec}(216\text{km/hr})$

公式  $V = V_o \times \left( \frac{h}{h_o} \right)^P$  에서

$p = 0.031167 + 0.0021038V_o - 0.000014549V_o^2 + 0.000000036V_o^3 = 0.1128$  의 값을 식 1에 대입하여 구한 설치높이별 풍속값은 <표 2>와 같다.

<표 2> 태풍 「매미」 풍속의 타워크레인 높이별 풍속변화 산출표

지상으로부터 높이(m)	풍속		풍속증가차(율)
	km/hr	m/sec	
10	216	60	0(100)
20	233.6	64.9	4.9(108)
30	244.5	67.9	7.9(113)
40	252.6	70.2	10.2(117)
50	259	71.9	11.9(120)
60	264.4	73.4	13.4(122)
70	269	74.7	14.7(125)
80	273.1	75.9	15.9(127)
90	276.8	76.9	16.9(128)
100	280.1	77.8	17.8(130)



<그림 1> 태풍 「매미」 풍속의 타워크레인 높이별 풍속 증가값

태풍 「매미」 풍속의 타워크레인 높이별 풍속의 변화 추이를 평가하면 다음과 같다.

- (1) 표준높이 10m 지점에 비해 높이 100m 지점의 풍속차는 17.8m/sec로, 풍속의 증가율은 30%로 산출되었다.
- (2) 높이 20m 지점에서 풍속이 4.9m/sec(8%)증가되었으며, 높이 30m 지점에서는 풍속이 7.9m/sec(13%) 증가, 40m 지점은 풍속이 10.2m/sec(17%) 증가되어 지상으로부터 40m 이하 지점이 풍속의 변화가 가장 급격히 증가함을 알 수 있다.
- (3) 높이 40m 이후부터는 높이를 매 10m씩 증가시키는 경우, 풍속의 증가율이 평균 2~3%로써 비교적 완만하게 풍속이 변화함을 알 수 있다.

## 6. 타워크레인의 사용정지 풍속의 제안

우리나라에는 연간 평균 3차례 정도의 태풍이 오고 있으나, 타워크레인의 안전한 사용을 위해 필수적인 타워크레인의 사용정지 풍속 등이 규정되어 있지 않다. 산업안전보건법, 동법 산업안전기준에 관한 규칙, 그리고 크레인 제작·안전·검사기준 등에도 이에 대한 언급이 없다.

따라서 이 연구에서는 우리나라의 기상특보 발표기준, 타워크레인 설치별 풍속증가(변화)량 산정자료, 크레인 사용정지풍속 관련 국제규격 등을 종합하여, 타워크레인의 사용정지풍속을 다음과 같이 제한적 사용 정지풍속과 전면 사용정지풍속으로 구분하여 적용하였으면 한다.

구분	제한적 사용정지풍속(안)	전면 사용정지풍속(안)
최대순간풍속	14 ~ 20m/sec미만	20m/sec이상

※ 기상청 발표 표준풍속(측정 높이 10m)을 기준으로 함

- (1) 사용제한풍속은 기상청에서 제시한 바람이 다소 강하게 부는 수준에 해당
- (2) 전면 사용정지풍속은 바람이 강하게 부는 수준에 해당(폭풍주의보 기준)

<참고> 크레인의 사용정지 풍속 비교

ISO	F.E.M	BS 2573	DIN 1055	크레인 제작·안전 및 검사기준
20m/sec	20m/sec	20m/sec	20m/sec	규정없음

## 7. 결 언

- (1) 기상특보 발표기준, 타워크레인 설치높이별 풍속증가량 산정자료, 크레인사용정지풍속에 관한 국제규격 비교 등을 통하여 강풍시 타워크레인을 안전하게 사용하기 위한 연구결과를 도출하였다.
- (2) 타워크레인의 사용상의 안전 및 운전자의 불안감을 해소하기 위하여 최대순간풍속이 초당 20미터이상으로 불어오면 타워크레인의 전면 사용을 중지할 것을 연구결과로써 제안한다.

## 참고문헌

- 1) 한국산업안전공단 : 중대재해조사 보고자료, 2003
- 2) 한국산업안전공단 : 타워크레인 설치·해체작업 안전, 2003
- 3) 한국산업안전공단 : 타워크레인 안전작업매뉴얼, 1999
- 4) 한국산업안전공단 : 크레인 제작 기준 안전기준 및 검사기준, 2002
- 5) 기상청 : 기상특보 발표기준표, 2003
- 6) 건설교통부 : 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙(건설부령 제235호) 및 건축물의 하중기준(건설교통부 고시 제2000-153호)
- 7) Howardi I. Shapiro : Cranes & Derricks , 113-160, 1999
- 8) Federation Europeenne De La Manutention(F.E.M; 유럽하역협회) : Rules for the Design of Hoisting Appliances, Booklet 2nd, 3rd Edition, 2-24~26.