

# 풍동실험을 이용한 45° 붐 각도를 갖는 컨테이너 크레인의 내풍특성 분석

## Wind Characteristic Analysis of a Container Crane with 45° Boom Degree using the Wind Tunnel Test

\*안태원<sup>1</sup>, 이성욱<sup>2</sup> 한동섭<sup>3</sup>, #한근조<sup>4</sup>, 심재준<sup>5</sup>

\*T. W. An<sup>1</sup>, S. W. Lee<sup>2</sup>, D. S. Han<sup>3</sup>, #G. J. Han(gjhan@dau.ac.kr)<sup>4</sup>, J. J. Sim<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 동아대 대학원 기계공학과, <sup>2</sup> 동아대학 대학원 기계공학과, <sup>3</sup> 동아대 대학원 기계공학과, <sup>4</sup> 동아대학교 기계공학과, <sup>5</sup> 부산정보대 자동차기계열

Key words : Wind Tunnel Test, Wind Load, Container Crane, Boom Angle

### 1. 서론

급변하는 기상환경의 변화에 따라 컨테이너 크레인의 안정성에 대한 관심이 높아지고 있다. 컨테이너 크레인과 같은 대형 구조물은 태풍 등에 의한 강한 바람에 매우 큰 영향을 받기 때문에 크레인의 설계 시 풍 하중은 다른 어떠한 하중조건보다 중요한 factor로 고려되어진다. 따라서 풍 하중 산출을 위한 풍동 실험은 필수적이며, 이를 기반으로 구조물의 풍하중에 관한 안정성과 구조요소들의 허용 강도를 검증하여야 한다.

또한 세계주요항만에서 취급하는 컨테이너의 급속한 무역규모 증가로, 이에 대처하기 위해 초대형 컨테이너(Ultra Large Container Ship) 크레인이 설치되고 있다. 따라서 본 연구에서는 45°의 붐각도를 가지는 60ton급 대형 컨테이너 크레인에 작용되는 풍 하중을 부산지역 대기경계층으로 모사한 풍동실험을 이용하여 실험적으로 분석함으로써 컨테이너 크레인의 내풍 설계에 필요한 자료를 제시하고자 한다.

### 2. 풍동실험

본 연구에서 사용된 풍동은 현대건설기술연구소의 대형 경계층풍동(Boundary layer wind tunnel)으로 전체 길이 53m, 축정부의 크기는 폭 4.5m, 높이 2.5m, 길이 25m의 개방형 풍동으로 Fig. 1에 나타나 있다.

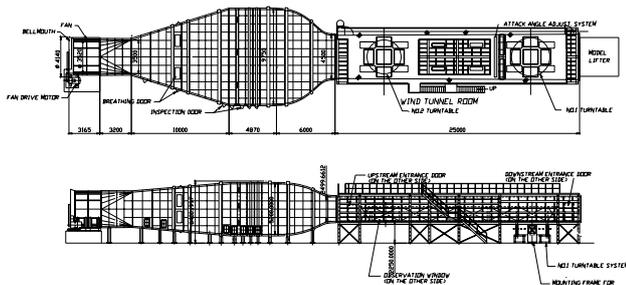


Fig. 1 Boundary layer wind tunnel

풍속의 범위는 0.3~17.5m/s, 난류강도는 0.7%이하로, 순간 최대 75m/s의 바람이 컨테이너 크레인에 작용할 때를 가정하여 풍동실험을 수행하였다. 평균풍속의 수직분포는 '도로교설계기준'을 따랐으며, 난류강도의 수직분포와 풍속스펙트럼은 '건축물하중기준'에 제시되어 있는 기준을 적용하였다<sup>1,2</sup>.

컨테이너 크레인은 일반적으로 해안에 설치되므로 도로교설계기준에서 제시한 노풍도 I과 건축물 하중기준의 노풍도 D에 해당하도록 풍동내부의 경계층을 구성하였다.

현재 국내 항만에서 널리 사용되고 있는 컨테이너 크레인은 50ton급의 권상용량(Lifting capacity)을 가지는 크레인이지만 본 실험에서는 붐 각도 45°를 갖는 60ton급 대형 컨테이너 크레인을 모델로 하였다. 상사법칙에 의거하여 컨테이너 크레인을 1/200의 모형으로 축소 제작하여 컨테이너 크레인의 각 방향 항력계수와 전도모멘트 계수를 측정하였다<sup>3</sup>. Fig. 2는 실험에 사용된 크레인 모델과 축소모형을 나타내고 있다.



(a) Container Crane (b) Model of Container Crane

Fig. 2 Model of Container Crane for wind tunnel test

### 3. 실험결과 및 고찰

X방향의 항력계수의 경우 Fig. 3에서와 같이 풍하중이 컨테이너 크레인의 붐 정면으로 작용되는 0°에서는 음(-)의 값을 보이나 점차 증가하여 컨테이너 크레인의 측면인 레일방향 +Y방향으로 작용하는 90°에서 0의 값을 가지며, 후방에서 풍하중이 입사되는 180°방향에서는 양(+)의 값을 가지게 되었다. 그리고 X방향의 항력계수의 경우 이론상으로는 0°와 180°에서 최대값을 나타내어야 하지만 실험결과 20°부근과 160°부근에서 최대값을 나타내었다. Fig. 4는 컨테이너 크레인의 Y방향 항력계수를 나타내고 있다.

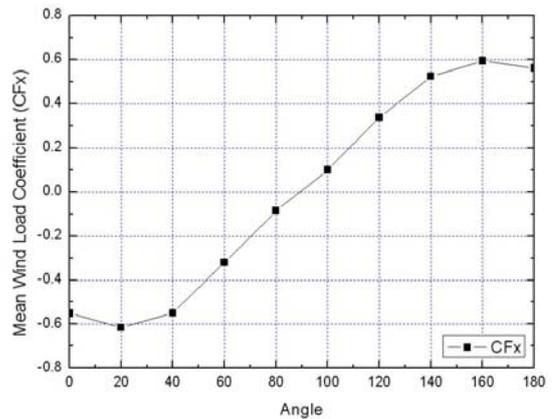


Fig. 3 X-directional drag coefficient according to incidence angle of wind load

Fig. 5는 Y방향 풍하중에 의해 컨테이너 크레인이 전도되려고 하는 X방향의 전도모멘트계수를 나타낸 것으로 풍하중이 -Y방향으로 컨테이너 방향으로 작용되었으므로 전도모멘트 계수는 음(-)의 값을 나타내고 있다. 풍향변화에 따른 X방향의 전도모멘트 계수는 Fig. 4와 거의 유사한 형태를 나타내었으며 120° 부근에서 최대값이 발생하였다. Fig. 6은 Y방향의 전도모멘트를 나타내는 것으로, X방향으로 작용되는 풍하중에 의한 전도 성향이므로 Fig. 1과 거의 유사한 형태를 나타내었다. X방향 항력계수와 마찬가지로 20°와 160°부근에서 최대값이 발생하였으며, X방향의 풍력계수에 비해 약간의 편차는 있었지만 거의 일치하는

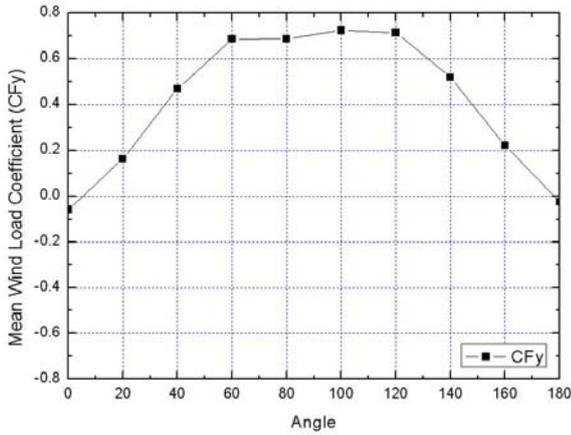


Fig. 4 Y-directional drag coefficient according to incidence angle of wind load

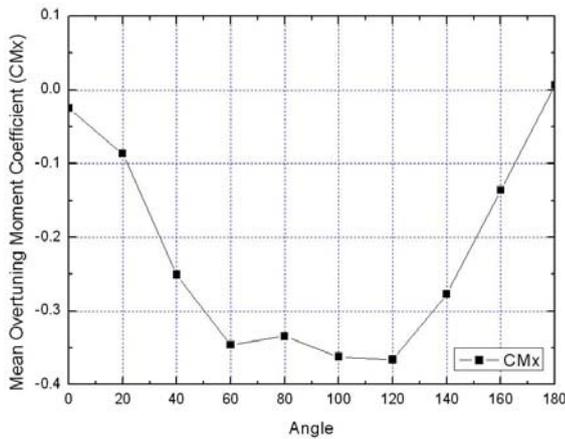


Fig. 5 X-directional overturning moment coefficient according to incidence angle of wind load

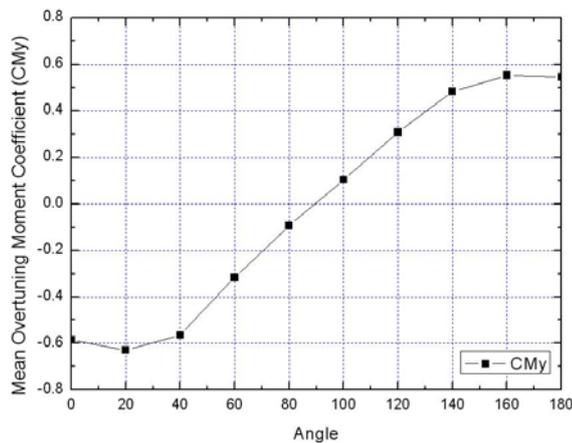


Fig. 6 Y-directional overturning moment coefficient according to incidence angle of wind load

것을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 풍하중이 권상용량 60톤급의 대형 컨테이너 크레인의 안정성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 풍력실험을

실시하였다. 그 결과로 컨테이너 크레인의 내풍 설계 시 필요한 자료인 풍향에 따른 각 방향의 항력계수와 전도모멘트 계수를 제시하여 국내 컨테이너 크레인 제작업체에서 동일한 모델 설계 시 이를 적용할 수 있도록 하였다.

#### 후기

본 연구는 산업자원부의 지혁혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. Ministry of Construction & Transportation of the Korean Government, "Design Criteria of Road Bridge," 2000.
2. Ministry of Construction & Transportation of the Korean Government, "Design Criteria of Road Bridge," 2000.
3. Hanjin Heavy Industries & Construction Co. Ltd., "Structural & Mechanical Calculation for 50ton Container Crane for Pusan Port," 2000
4. Soon-Kyu, K., Seong-Wook, L., Jae-Joon, S., Dong-Seop, H. and Geun-Jo, H., "Analyzing the effect on stability of a high efficiency gantry crane for a wind load," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 22, 2005.