

## 풍속 증가에 따른 풍하중이 컨테이너 크레인의 구조 안정성에 미치는 영향

권순규\*(동아대 대학원 기계공학과), 한근조(동아대학교 기계공학과)  
한동섭, 이성욱(동아대학교 대학원 기계공학과)

### Analyzing the effect on a Structural Stability of a Container Crane according to an Increased Wind velocity

S. K. Kwon(Mech. Eng. Dept., DAU), G. J. Han(Mech. Eng. Dept., DAU),  
D. S. Han, S. W. Lee(Mech. Eng. Dept., DAU)

#### ABSTRACT

This study is carried out to analyze the stability of a container crane in according to the change of a wind direction and a machinery house location when a wind load of a wind velocity, 75m/s was applied on the state stowing a container crane by a heavy wind. A design wind load applied to this study was calculated in observance of "Load Criteria of Building Structure". And we analyzed the reactions of each supporting points according to applying a wind direction to an interval of 10° in 0°~180° and the structure stability of a container crane according to changing a machinery house location occupying 15% of a container crane weight. From a results of this study, we presented a design criteria of an overturning disturbance equipment, tie-down

**Key Words** : Container Crane(컨테이너 크레인), Wind Load(풍하중), Overturning moment(전도모멘트), Tie-down (타이다운), machinery(기계실)

#### 1. 서론

컨테이너를 선박에 양·적하하는 항만 장비인 컨테이너 크레인은 일반적으로 차폐물이 거의 없는 해안에 설치된다. 이 컨테이너 크레인은 계류 시(Boom을 올렸을 경우)높이가 최대 100m이며, 자중이 850 ton에 이르는 거대 구조물로서 바람에 큰 영향을 받는다. 특히 2003년 태풍 ‘매미’ 내습 시에는 부산항의 신감만 및 자성대 부두에서 강풍에 의하여 총 11기의 컨테이너 크레인이 전도되어 부산항의 기능을 마비시킴으로써 막대한 손실을 가져오기도 하였다.

그러므로 풍하중은 컨테이너 크레인의 설계 시 적용되는 하중 조건에서 중요하게 고려되어야 한다. 특히, 컨테이너 크레인에는 계류장치인 스토이지핀(Stowage pin)이나 전도방지장치인 타이다운(Tie-down)을 설치하여 지정된 위치에서 전도나 이탈을 방지하고 있다. 그러나 현재 설치된 전도방지장치인 타이다운은 태풍 ‘매미’에 붙었던 풍속 60m/s에 적합하지 않으므로 설계변경이 요구된다.

본 연구에 적용되는 풍하중 산출 기준은 ‘건축물 하중 기준’을 따르고 있다. 이 기준에 따르면, 부산 지역의 설계풍속은 40m/s(10분 평균풍속)이며, 순간 최대풍속으로 환산하면 55m/s이다. 이 풍속을 강풍에 대비하기 위하여 컨테이너 크레인의 설계 시 계

류장치의 경우 순간최대 70~75m/s, 구조물의 경우 설계풍속을 순간최대 60m/s로 상향 조정할 예정에 있다.<sup>1,2</sup>

따라서 본 연구에서는 건축물 및 교량의 내풍 설계에 적용되는 ‘건축물 하중 기준’에 의거하여 75m/s의 풍속에서의 풍하중이 컨테이너 크레인에 작용되었을 때, 컨테이너 크레인의 안정성을 분석하였으며, 컨테이너 크레인을 포함한 항만장비에 적용되는 ‘항만 시설 장비 검사 기준’에 의거하여 전도방지 장치인 타이다운의 설계치수를 제시하였다.<sup>3,4</sup>

#### 2. 풍하중 산정

본 연구에서 적용되는 풍하중 산출식은 식(1)과 같이 ‘건축물 하중 기준’에 의해 산출하였으며, 적용되는 풍속은 75m/s(순간최대풍속)로 하였다. 또한 풍향에 따른 영향을 분석하기 위하여 풍동실험을 통해 얻어진 풍향계수를 추가로 고려하였다.

$$P = C_f \cdot C_A \cdot G_f \cdot q_z \cdot A \quad (1)$$

$$q_z = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_z^2$$

$$v_z = v_0 \cdot K_{zr} \cdot K_{zt} \cdot I_w$$

Fig. 1은 풍동 실험을 통해 얻어진 풍향에 따른

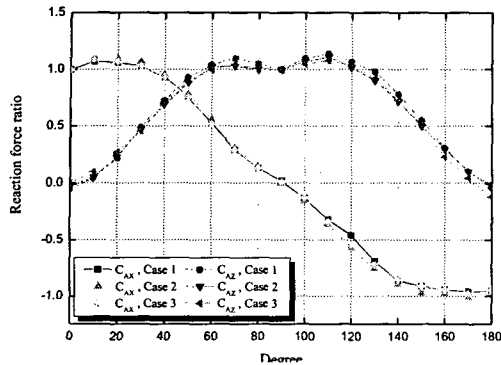


Fig. 1 reaction force ratio investigated by a wind tunnel test

컨테이너 크레인의 반력비를 나타내고 있다. 이 결과를 참조하여 0° ~ 180° 사이를 10° 간격으로 분할하여 풍향 변화에 따른 컨테이너 크레인의 영향을 분석하였다.

본 연구에서 ‘건축물 하중 기준’에 의거하여 풍하중을 계산하기 위해서 고도에 따른 풍압분포를 고려하였으며, 컨테이너 크레인의 유한요소 모델 생성 시 절점간의 높이 차를 최대 6m이하로 하여 해석 시 풍압분포에 따른 영향을 최소화하였다.

그리고 컨테이너 크레인의 작용되는 풍하중의 방향은 육측을 기준으로 0° ~ 180°로 10° 간격으로 적용하였으며, 풍하중 산출시 컨테이너 크레인이 설치되는 곳은 차폐물이 거의 없는 해안이므로 노풍도 D를 적용하여 산출하였다.

### 3. 컨테이너 크레인의 유한요소해석

본 연구에서는 범용 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS 8.1을 이용하여 유한요소모델을 구성하고 해석을 수행하였다. 해석에 사용된 요소는 Stay(스테이), Sill beam(실 빔), Portal beam(포털 빔)등은 부재의 단면이 대칭형상을 가지고 있으므로 절점당 6개의 자유도( $u_x, u_y, u_z, rot_x, rot_y, rot_z$ )를 가지는 3차원 대칭요소 사용하였으며, 붐과 거더 등은 스프레더 이송을 위한 레일이 설치되어야 하는 구조상의 특징으로 인하여 부재의 단면이 비대칭형으로 되어 있으므로 이러한 특징을 효과적으로 나타낼 수 있는 3차원 비대칭 보요소를 사용하였다.<sup>5</sup>

또한, 전체 자중의 15%를 차지하는 기계실의 위치 변화를 통해서 각 지지점의 반력 변화를 분석하였다. 기계실 위치 변화의 기준은 상부 레그(upper leg), 붐(boom), 거더(girder)가 만나는 지점을 원점으로 하고 기계실 중심까지의 거리를 D로 하여 13m, 20m, 36m의 3가지 경우를 고려하였다.

그리고 컨테이너 크레인은 6개의 지지점으로 구성되어 있으며, 그 중 4개의 지지점은 차륜(truck)부와 타이다운부로서 모든 축방향 변위가 고정되었으며, 나머지 2개의 지지점은 편이 편 컵에 꽂혀 있어

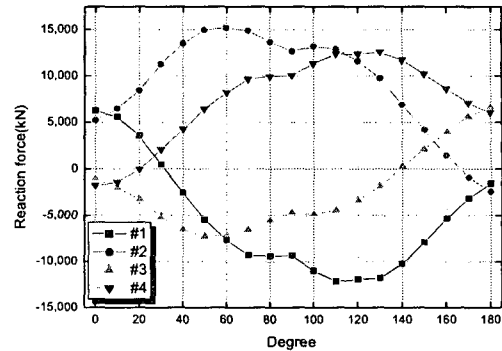


Fig. 2 Reaction force at each supporting points according the direction of wind

므로 수직방향을 제외한  $u_x$ 와  $u_z$  방향만 고정하였다.

### 4. 결론

50ton급 컨테이너 크레인 계류 시에 풍향에 따라 변화하는 풍하중이 컨테이너 크레인의 구조적 안정성에 어떻게 영향을 미치는지를 유한요소해석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Fig. 2에서와 같이 해측 지지점 #1은 110° 지점에서 최대 인장력이 약 12,151kN이며, 육측 지지점 #3은 50° 지점에서 7,249kN이 발생한다.
2. 기계실 위치 변화에 의해 해측 지지점(#1, #2)의 인장 반력값은 증가하고 반대로 육측 지지점(#3, #4)의 인장 반력이 감소하는 것은 전체 자중의 15%를 차지하는 기계실의 위치 변화의 영향인 것으로 판단된다.
3. 전도방지장치인 타이다운은 해측 지지점(#1, #2)의 경우 직경  $d=118\text{mm}$ 이며, 육측 지지점(#3, #4)은  $d=129\text{mm}$ 로 판단된다. 또한, 기계실 위치가 육측에서 해측으로 가까워 질수록(case 1 → case 3) 해측 지지점(#1, #2)의 타이다운 직경은 118mm, 114mm, 104mm로 감소하고, 육측 지지점(#3, #4)은 129mm, 133mm, 134mm로 증가할 것으로 판단된다.

### 후기

본 연구는 한국과학기술부(MOST)의 국가지정연구사업(NRL)의 지원에 의한 것입니다.

### 참고문헌

- [1] 하영철(2003), 한국의 설계풍속과 구조골조용 풍하중, 한국풍공학회지, 제7권, 제1호, pp13-25
- [2] 김종락(2003), 풍하중 기준의 정비, 한국풍공학회지, 제 7권, 제1호, pp2-12
- [3] 해양수산부(2000), 항만 시설 장비 검사 기준
- [4] 건설교통부(2000), 건축물 하중 기준
- [5] ANSYS Inc.(1992), ANSYS User's Manual