

## 쐐기형 레일클램프의 과클램핑 방지를 위한 지지장치 설계

한근조, 안찬우(동아대학교 기계산업시스템공학부), 전영환(한국컨테이너부두공단),  
심재준, 한동섭, 김병진\*(동아대 대학원 기계공학과)

### The Design of Supporter to Prevent Overclamping in Wedge Type Rail clamp

G. J. Han, C. W. Ahn (Division of Mechanical and Industrial system Eng. DAU)  
Y. H. Jeon (KCTA), J. J. Shim, D. S. Han, B. J. Kim (Mech. Eng. Dept., DAU)

#### ABSTRACT

In this study we analyze operation principle of wedge type rail clamp using in the harbor and when wind force applies to container crane, we calculate deformation in each part of rail clamp. As a result of calculation, we will design rail clamp supporter that forbid overload to be applied at rail clamp according to adjust climbing wedge distance of roller. It would be adapted various container capacity and wind velocity.

**Key Words** : C/C (컨테이너 크레인), Wedge type Rail clamp (쐐기형 레일클램프), Supporter (지지장치), Wind force (풍하중), Roller (롤러), Wedge (쐐기)

#### 기호설명

- $F_w$  : Wind force  
 $F_n$  : Normal direction force  
 $F_t$  : Tangential direction force  
 $F_c$  : Contact force between roller and wedge  
 $F_s$  : Supporting force of stopper  
 $F_f$  : Friction force between wheel and rail  
 $S$  : Distance of wedge slope

#### 1. 서론

선박 건조 기술의 발전과 우리나라의 경제성장으로 인한 수출입 물동량의 증가로 부산항의 컨테이너 처리실적은 홍콩과 싱가포르에 이어 세계 3위의 처리실적을 올렸다. 항만을 통한 수출입 물동량은 거의 대부분 컨테이너 크레인을 사용하여 처리하고 있으며 컨테이너 크레인은 항만지역에서 큰 비중을 차지하고 있다. 바람이 많이 부는 우리나라의 여건상 레일 위에서 움직이는 컨테이너 크레인은 운전자의 조작이 아닌 순간적인 바람에 의해 밀려 컨테이너 크레인의 파손이나 인명손실의 위험이 항상 존재하

고 있다. 실제 돌풍에 의해 발생하는 컨테이너 크레인 사고사례가 보고되고 있다. 이러한 돌풍에 의한 컨테이너 크레인의 밀림을 방지하기 위해 사용되는 장치는 레일클램프, 스톱웨이 핀, 타이다운이 있다. 하지만 스톱웨이 핀, 타이다운은 하역작업 종료 후 컨테이너 크레인을 고정하는 장치로 실제 운행 중에는 사용할 수가 없다. 컨테이너 크레인이 운행 중에 고정을 시켜주는 장치가 레일클램프 (Rail clamp)이다. 바람의 영향이 적은 항만에서는 스프링식이나 유압식의 레일클램프 장치가 사용되고 있지만 컨테이너 크레인이 정지된 상태에서도 항상 최대 클램핑력에 의해 고정되어 있어 레일클램프와 레일에 많은 무리를 주게되어 수명이 단축되고 장시간 사용으로 인한 스프링력 저하는 예상치 못한 강한 돌풍이 불 경우 컨테이너 크레인이 밀려 큰 피해를 줄 수 있는 단점이 있다. 따라서 돌풍이 많은 우리나라에서는 이러한 스프링식, 유압식보다는 쐐기형 레일클램프를 많이 사용하고 있다.

본 연구에서는 국내에서 사용하고 있는 쐐기형 레일클램프에 풍하중이 작용할 때 각 부분에서 풍향과 수직하게 발생하는 변형량을 분석하여, 레일클램프가 미끄러지는 임계풍속을 조절하는 지지장치를 설계하여 다양한 풍속과 다양한 용량의 컨테이너 크

레인에 대해 이를 적용하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 췌기형 레일클램프의 작동원리

췌기형 레일클램프는 췌기와 롤러를 이용한 장치로서 fig. 1은 췌기형 레일클램프의 작동원리를 나타내고 있다. 평상시에는 Fig. 1(a)와 같이 패드와 레일이 분리되어 있지만, 컨테이너 크레인에 풍하중이 작용할 때 Fig. 1(b)와 같이 상부 무게추(W)에 의해 패드와 레일이 접촉하게 되고, 컨테이너 크레인이 밀릴 경우 Fig. 1(c)와 같이 롤러가 췌기의 경사를 올라가게 되어 패드가 레일을 누르는 힘이 더 강해지는 구조이다.

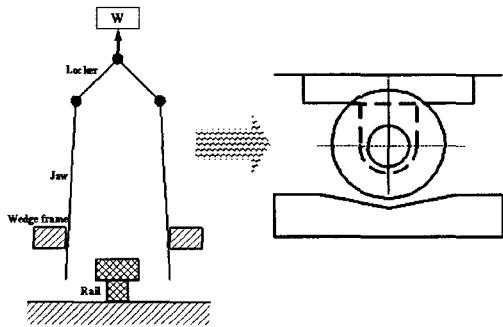


Fig. 1(a) Rail clamp : release state

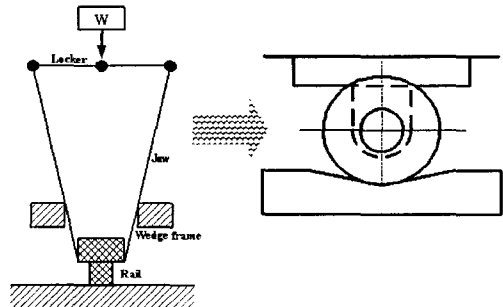


Fig. 1(b) Rail clamp : clamp state

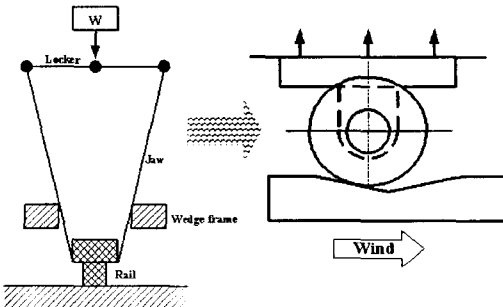


Fig. 1(c) Rail clamp : wind force applies after clamp

### 2.2 풍하중 계산

#### 2.2.1 컨테이너 크레인에 작용하는 풍하중

컨테이너 크레인에 작용하는 풍하중,  $F_w$ 는

$$F_w = C \frac{\rho V^2}{2} A \quad (1)$$

이고, 여기서  $A$ 는 컨테이너 크레인에서 바람을 직각으로 받는 크레인의 면적,  $V$ 는 풍속,  $C$ 는 저항계수를 나타낸다. Fig. 2는 식(1)을 이용해 최대풍속 50m/s까지 각각의 풍속에 대해 발생하는 풍하중을 계산하여 나타내었다.

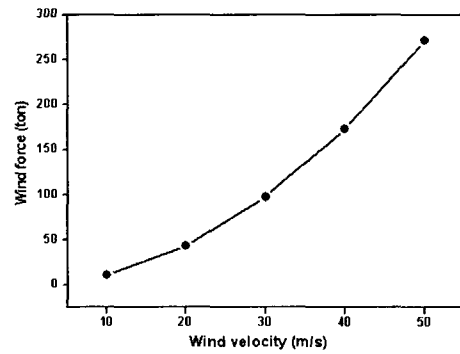


Fig. 2 Wind force according to wind velocity

#### 2.2.2 레일클램프에 작용하는 풍하중

식(1)에 의해 구해진 풍하중 전체가 레일클램프에 작용하는 것은 아니다. 왜냐하면 컨테이너 크레인의 자중이 엄청 커서 컨테이너 크레인의 정지마찰력( $F_f$ )도 고려되어야 하기 때문이다. 컨테이너 크레인의 정지마찰력은  $F_f = \mu W$  로 구할 수 있고, 여기서  $W$ 는 컨테이너 크레인의 자중,  $\mu$ 는 정지마찰계수를 나타낸다. 그래서 실제 레일클램프에 작용하는 풍하중( $F_r$ )은 컨테이너 크레인의 정지마찰력을 제외한 하중이 작용하게 된다.

$$F_r = F_w - F_f \quad (2)$$

레일클램프는 초기에 각 부품간의 여유공간이 거의 없는 상태로 조립이 되고, 레일클램프 각 부의 변형만큼 롤러가 췌기의 경사를 이동하기 때문에 식(2)에서 레일클램프가 부담해야 할 풍하중을 레일클램프를 구성하고 있는 각 부에 작용시켜 발생하는 변형량을 구하였다. 각 부의 변형량은 범용유한요소해

석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 구하였다.

### 2.3 임계하중을 조절하는 지지장치의 설계

본 연구에서 설계하고자 하는 임계하중을 조절하는 지지장치는 레일클램프를 구성하는 각부의 변형량을 구하여 롤러가 췌기를 타고 올라가는 거리를 계산하여 지지장치의 위치를 결정하였다. 풍속이 변화하면 변화된 풍속에 대해 하중을 분석하고, 롤러의 이동거리를 계산하여 지지장치의 위치를 다양하게 변화할 수 있다.

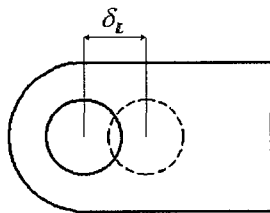


Fig. 3 Diagram of locker deflection by wind load

Fig. 3은 레일클램프의 라커부가 풍하중에 의해 변형이 되는 것을 나타내고 있으며, 라커의 변형량을  $\delta_L$ 로 나타내었다.

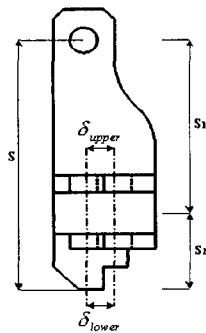


Fig. 4 Diagram of jaw deflection by wind load

Fig. 4는 조우에서 발생하는 변형량을 나타내고 있다. 조우의 경우 해석결과 롤러가 지지되는 부분에 변형이 발생하였고, 조우는 상부에 라커와 연결되어 있기 때문에 라커의 변형을 고려한 조우의 굽힘에 의한 변형도 고려해야 하며, 조우의 변형량,  $\delta_J$ 는

$$\delta_J = \frac{S_2}{S} \delta_L + \frac{\delta_{upper} + \delta_{lower}}{2} \quad (3)$$

이다.

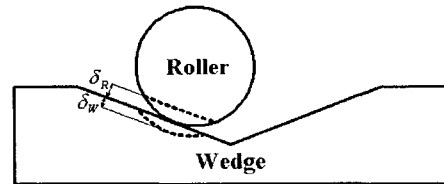


Fig. 5 Diagram of roller and wedge deflection by wind load

Fig. 5는 췌기형 레일클램프에서 실제 제동력이 발생하는 췌기와 롤러부의 변형을 나타내고 있다. 췌기와 롤러의 변형을 각각  $\delta_W$ 와  $\delta_R$ 로 하면  $\delta_{R,W} = (\delta_R + \delta_W) \cos \theta$ 로 나타낼 수 있다.

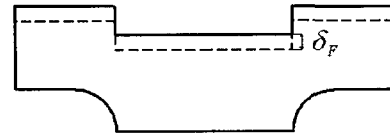


Fig. 6 Diagram of wedge frame deflection by wind load

Fig. 6은 췌기를 지지해주는 췌기지지부에 발생하는 변형을 나타내고 있으며, 췌기지지대의 변형을  $\delta_F$ 로 나타내었다.



Fig. 7 Diagram of pad deflection by wind load

Fig. 7은 레일클램프가 레일과 접촉하는 부분에 장착된 패드부에 발생하는 변형을 나타내고 있고, 패드의 변형량을  $\delta_P$ 로 나타내었다. 레일클램프의 간격을 유지시켜주는 인장봉의 변형량,  $\delta_B$ 는

$$\delta_B = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{F_e L_e}{AE} \quad (4)$$

이고, 여기서  $L_e$ 는 인장봉의 길이,  $A$ 는 인장봉의 단면적,  $E$ 는 인장봉의 영계수를 나타낸다.

레일클램프가 풍하중에 의해 발생하는 총변형량,  $\delta$ 는

$$\delta = \delta_L + \delta_J + (\delta_R + \delta_W) \cos \theta + \delta_F + \delta_P + \delta_B \quad (5)$$

이 된다.

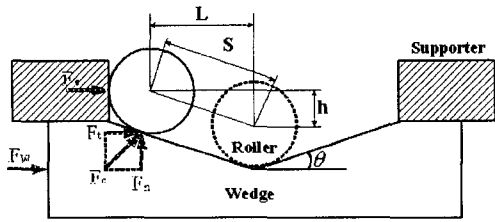


Fig. 8 Schematic of forces acting on the wedge by roller and wind

Fig. 8은 지지장치가 있는 췌기와 롤러의 하중관계를 나타내고 있다. 그림과 같이 레일클램프에 풍하중이 작용하게 되면 레일클램프 각부에서 변형이 발생하고, 롤러는 췌기의 S만큼 이동하게 되어 롤러가 췌기를 누르게 되어 제동이 된다.

### 3. 연구사례

위에서 설명한 과정을 이용하여 췌기의 경사각이  $20^\circ$ , 컨테이너 크레인의 용량이 50ton인 경우 풍속이 30m/s일 때에 대해 적용하였다. Table 1은 풍속이 30m/s일 때 레일클램프 각 부에서 발생하는 변형량을 나타내고 있고, Table 2는 풍속이 30m/s일 때 롤러가 췌기를 올라가는 거리를 위에서 제시한 방법으로 구하여 나타내었다. Fig. 9는 풍속에 따라 롤러가 췌기를 올라가는 거리를 나타내고 있다.

Table 1 Deflection of rail clamp each part

$\delta_j$ (mm)	$\delta_k$ (mm)	$\delta_m$ (mm)	$\delta_n$ (mm)
0.0127	2.36	1.1	0.315
$\delta_o$ (mm)	$\delta_p$ (mm)	$\delta_q$ (mm)	$\delta_r$ (mm)
0.38	0.018	0.279	2.84

Table 2 Moving distance of roller in 30m/s

$V_w$ (m/s)	$\delta$ (mm)	$h$ (mm)	$L$ (mm)
30	3.12	3.12	8.57

### 4. 결론

본 연구에서 췌기형 레일클램프가 미끄러지는 임계풍속을 조절하는 지지장치의 설계를 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 지지장치 위치설계를 위한 프로세스를 제시하였으며, 본 연구에서 예로든 50톤 컨테이너 크레인에서 임계풍속 30m/s일 때 지지장치의 위치는 중심

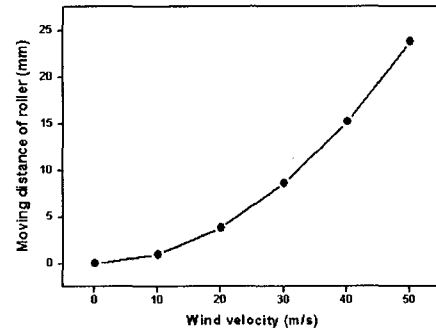


Fig. 9 Moving distance of roller according to wind velocity

에서 8.57mm임을 확인하였다.

2. 설계한 레일클램프 지지장치를 이용하면 레일에 무리를 주지 않으면서 일정한 체결력을 얻을 수 있으며, 다양한 풍속과 다양한 용량의 레일클램프에 본 연구의 프로세스를 적용하여 지지장치를 설계할 수 있을 것이다.

3. 바람으로 인한 컨테이너 크레인의 밀림을 방지하여 작업환경 개선, 사고방지 및 정확한 제어를 가능하게 하여 항만자동화에 기여할 것이다.

### 후기

본 연구는 한국과학재단 지정 동아대학교 지능형 통합항만관리연구센터의 지원에 의한 것입니다.

### 참고문헌

- "Structure calculations of SINSUNDAE PIER Container crane", Deawoo heavy industry LTD structural engineering dept.
- "Maintenance guide of container crane at Hutcheson container terminal in Busan", Hyundai heavy industry, 2001.
- Dong-myung shin, Beak-sun Jang, Sang-gil Yang, Yung-nam Park, "Mechanics of materials", Hyung seul publishing, 1999.
- Se-wook Oh, "Mechanic of material", Dong myung publishing, 1998