

레일클램프의 원활한 클램핑과 초기체결력 발휘를 위한 중추무게의 관계에 관한 연구

한근조, 안찬우(동아대 기계공학과), 김태형(경남정보대학 컴퓨터응용기계과),
심재준, 한동섭, 이호*, (동아대 대학원 기계공학과),
진영환(한국컨테이너부두공단)

Study for weight of wedge type rail clamp according to initial clamping force

G.J Han, C.W. Ahn(Mech. Eng. Dept., D.A.U.), T.H. Kim(Mech. Eng. Dept., K.I.T),
J.J. Shim, D.S. Han, H. Lee(Mech. Eng. Dept., D.A.U.), Y.H Jeon(K.C.T.)

ABSTRACT

In this paper, we design a wedge type rail-clamp which can protect container crane from wind with constant clamping force regardless of the operating period. When we design wedge type rail clamp, it is important to determine the weight for locker to descent smoothly with an initial clamping force of rail and pad. Therefor, this paper suggest a process to decide a weight within proper range which could be obtained using FEA of wedge type rail clamp.

Key Words : rail clamp(레일클램프), reaction force(반력), horizontal force(수평력), locker(잠금장치)

기호설명

F_L : Horizontal force

F'_L : Reaction force

l_L : Length of locker

W : Weight

Θ : Angle of locker

1. 서론

항만을 통한 물류의 원활한 이동을 위해서는 컨테이너의 선적량을 최대화시키고 항구 접안시 하역 작업을 최대한 신속하게 마무리짓는 것이 필요하다. 따라서 선적효율을 향상시키기 위해 컨테이너는 규격화되었으며 이를 수송하는 컨테이너 선박은 대형화되고 있는 추세이다. 또한 신속한 하역작업을 위해 컨테이너 크레인은 컨테이너선의 대형화에 맞게 용량이 커지고 있으며 항구에 설치되어 있는 그 수량도 증가되고 있다.

그러나 이와 같이 컨테이너 크레인이 대용량화되고 수가 증가하게 됨으로써 다양한 사고의 위험과 문제점이 함께 증가하게 되었다.

대표적으로 돌풍이나 태풍으로 인해 정지해 있던 크레인이 강한 풍하중을 받게 되면 레일 상에서 컨테이너 크레인이 밀리는 일이 발생하는데, 한번 밀리기 시작하면 자체의 높은 관성력으로 인하여 이를 정지시키기가 매우 힘들게되어 대형사고로 이어질 수 있다. 실제로 고베 항에서 컨테이너 크레인이 바람에 밀려 바다에 빠지는 사고가 발생하기도 하였다.

한편 신속하고 효율적인 하역작업을 위해서는 작업시 레일상에서 컨테이너 크레인의 정확한 위치제어가 필요하나 이를 담당하는 장치에 대한 국내 기술력이 부족하여 하역작업의 효율을 저하시키고 있으며 작업자의 안전성도 위협하고 있는 실정이다.

따라서 컨테이너 크레인이 레일 상에서 밀리는 것을 방지하기 위한 다양한 형태의 레일클램프에 대

한 연구가 이루어지고 있다. 바람의 영향이 적은 항만에서는 스프링타입의 레일클램프 장치가 사용되고 있지만 컨테이너 크레인이 움직이지 않는 상태에서도 항상 최대 클램핑력에 의해 고정되어 있어 마찰패드(jaw-pad)와 레일에 많은 손상을 주게되어 수명이 단축되고 장시간 사용으로 인한 스프링력 저하는 예상치 못한 강한 바람이 불 경우 필요한 제동력을 발휘하지 못하여 컨테이너 크레인이 밀릴 수 있다.

그러므로 태풍이나 돌풍이 잦은 우리나라 항만에서는 이러한 스프링타입의 레일클램프장치가 부적합하다고 평가되었다.

따라서 본 연구에서는 실제 항만물류 하역작업에 사용되고 있는 컨테이너 크레인이 운전 중 최대풍속인 30m/s의 풍하중을 받을 때를 기준한 레일클램프를 설계하기 위한 기초 연구로 체결과 추 자중의 관계에 대해서 연구하였다.

그리고 이를 바탕으로 새로운 컨테이너 크레인 제동 모델로서 스프링타입이 아닌 쇄기형 레일클램프장치를 제안하고 이를 설계하기 위한 초기체결력과 추의 무게의 관계를 설정하는 프로세스에 대하여 연구하였다.

2. 레일클램프작동원리

본 연구에서 제안된 장치는 2개의 롤러와 쇄기를 이용한 쇄기형 레일클램프장치로서 그 작동원리는 Fig. 1과 같다.

컨테이너 크레인이 이동시 Fig. 1(a)과 같이 유압 실린더를 이용하여 추를 들어 올리게 되면 마

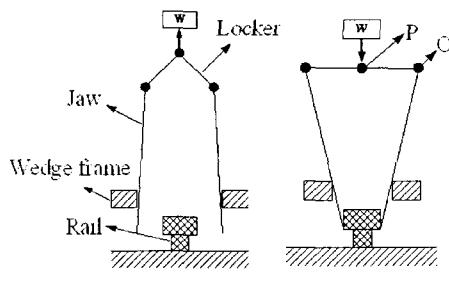


Fig. 1 Diagram of rail clamp mechanism

찰패드가 레일에서 떨어져 클램핑이 해제됨으로써 레일 위를 이동할 수 있다.

반면에, 정지시나 하역작업 중에는 Fig. 1(b)와 같이 작동한다.

본 장치의 제동 원리는 다음과 같다. 추의 자중 W 가 잠금장치(locker)를 누르게 되면 잠금장치와 연결되어 있는 조(jaw)의 상단부가 양쪽으로 벌어지게 된다.

이때, 쇄기 지지대(wedge frame)부가 받임점 역할

을 하기 때문에 지렛대의 원리가 적용되어 조의 하단부에 부착된 마찰패드가 레일에 접촉하여 압착력을 가하게 됨으로써 크레인이 밀리는 것을 막아준다.

쇄기형 레일 클램프는 바람이 불지 않는 초기에는 가압력으로 레일을 클램핑하고 있는 상태에서 바람이 불어 컨테이너 크레인이 밀릴 경우 롤러가 쇄기의 경사를 타고 올라감에 따른 쇄기 작용으로 마찰패드가 레일을 누르는 압착력이 더 강해지는 구조를 가지게 하였다.

3. 초기 체결력

3.1 초기 체결력 형성과정

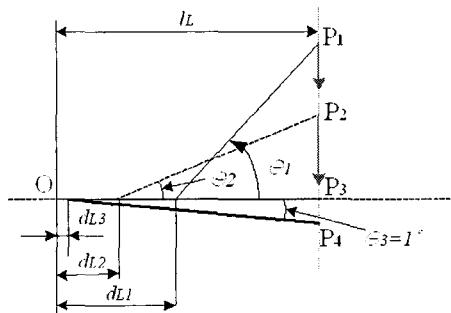


Fig. 2 Change of locker's angle

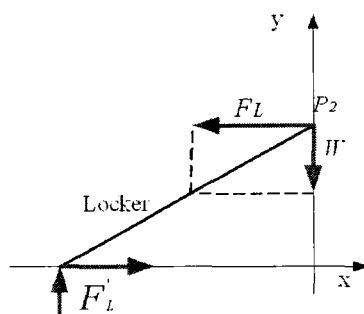


Fig. 3 Schematic drawing of forces acting on locker by weight and jaw.

레일클램프가 레일을 클램핑하기 위해서 유압 실린더의 유압을 제거하면, 중추자중에 의해 잠금장치(Locker)가 하강하면서 조 상단부를 수평력 F_L 의 힘으로 양쪽으로 밀게 된다. 이때 설정된 초기 체결력에 비례하는 반발력 F_L' 를 받게 된다. 이때 중추 자중에 의한 F_L 이 조에 생기는 반발력 F_L' 보다 항상 큰

값을 가져야 한다. 이는 잠금장치가 자중에 의해서 내려오는 과정에서 조 상단부에 발생하는 반발력으로 인해 잠금장치가 클램핑 과정중에 걸리는 현상 없이 완전한 클램핑을 하도록 하기 위해서이다.

3.2 작동과정

Fig. 2에서 P부분의 움직임을 먼저 살펴보면 다음과 같다. 먼저 P_1 부분이 P_2 로 하강하는 과정이다. 이 과정은 조 하단부에 부착된 마찰패드가 레일 측면에 접촉할 때까지의 과정이다. 이때는 반력 F'_L 이 발생하지 않는다. $P_2 \sim P_3$ 과정에서는 중추의 자중이 레일클램프 각 부분을 변형시키면서 마찰패드와 레일측면 사이에 수직항력(F_p)을 발생시켜나가는 과정이다. $P_3 \sim P_4$ 과정에서는 LO에 대해서 P_4O 가 -1° 의 각을 형성하기 위해서 하강하는 과정이며 이 때 F_p 는 감소하여 최종 수직 항력이 발생하게 된다. 여기서 -1° 의 각을 두는 것은 바람이 불어 쇄기작용으로 인해 발생하는 반력 F'_L 이 증가함에 따라 P_4 부분이 위쪽으로 밀려 올라가는 것을 방지하기 위해서이다.

이 과정에서 반력 F'_L 가 최대가 되는 때는 잠금장치가 P_3 지점에 도달 할때이다.

3.3 조 상단부 자중에 의한 수평력(F_L)의 계산

중추 자중에 의해 발생하는 수평력 F_L 은 $F_L = W \cot\theta$ 로 나타내어진다.

3.4 F'_L 의 계산

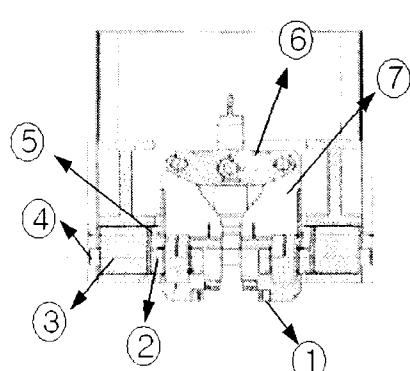


Fig. 4 Section diagram of rail clamp

Table 1 Main part name of Rail Clamp

No	Part name
1	Jaw-pad
2	roller
3	wedge-frame
4	extention bar
5	wedge
6	Locker
7	Jaw

Fig. 3에서 나타난 F'_L 의 값은 Fig. 4에서 나타난 레일클램프 각 부품의 해석을 통해 얻을 수 있다.

Fig. 2에서 θ 는 조 하단부의 마찰패드가 레일 측면에 접촉 할때의 각 θ_2 에서부터 반력이 발생하기 시작하여 0° 가 될 때 최대가 된다.

Table 2 Angle of locker according to maximum reaction force when pad come in contact with rail

F'_L max(kg)	20	40	60	80	100
θ_2 (deg)	1.248	1.593	1.951	2.253	2.519

Table 1에서 최대반력 F'_L 에 따른 마찰패드가 레일에 접촉 할때의 각 θ_2 를 수치해석적 방법을 통해 구하여 정리하였다.

Fig. 2에서 자중에 의해서 잠금장치가 하강함에 따라 θ_2 가 0° 로 변함에 따른 반력의 변화는 아래와 같이 나타내어진다.

$$\delta_{L2} = l_L - l_L \cos\theta_2 = l_L(\cos\theta - \cos\theta_2) \quad (1)$$

$$F'_L = k \cdot \delta_{L2} = k \cdot l_L(\cos\theta - \cos\theta_2)$$

여기서 레일클램프의 각 부품들의 수치해석과정을 통한 해석을 통해서, 이들이 탄성한도 이내에서 변형을 일으킨다는 사실을 확인 할수있다. 따라서 k 는 레일클램프의 탄성계수이다.

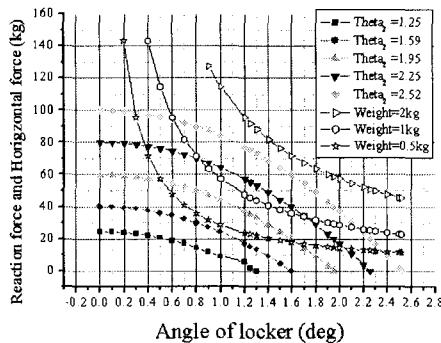


Fig. 5 A reaction and a horizontal force according to an angle of locker

Fig. 5는 반력 F_L' 이 Fig. 3에서 나타난 각도의 변화에 따른 값을 나타내었다. 그리고 자중에 의해 발생되는 수평력(Horizontal force, F_L)이 각도에 따라 변화하는 값을 나타내었다.

레일클램프에서 설정한 초기 체결력을 발휘하면서 클램핑 동작을 원활히 수행하기 위해서는 반력의 곡선보다 위에 있는 수평력의 곡선을 선택하면 된다. 이때 필요 이상의 추의 무게를 선정하면 과도한 초기 체결력으로 인한 레일 손상 및 패드의 수명을 단축시킬 수 있다. 따라서 원활한 클램핑 동작을 위한 최소한의 추의 무게를 선정하는 것이 필요하다. 이를 위해 Fig. 5의 곡선을 얻었다.

4. 결론

50 ton 형 컨테이너 크레인을 위한 쇄기형 레일 클램프 개발에 있어서 초기체결력과 추의 하강에 따른 원활한 동작을 위해 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

쇄기형 레일 클램프를 설계함에 있어, 롤러가 쇄기를 타고 올라가기 위해 필요한 힘을 마찰패드와 레일 사이의 마찰력에서 얻는데, 이 필요한 마찰력 발휘를 위해서 초기 체결력이 필요하다. 이 초기 체결력을 얻기 위해 추의 자중에 의해 잠금장치가 하강함으로 인해 레일과 마찰패드가 일정한 힘으로 접촉하게 한다. 이 클램핑 과정에서 원활한 동작을 위해 필요한 추의 무게를 레일클램프 부품의 유한요소해석을 통해 얻은 값을 가지고 계산해 낼 수 있는 프로세스를 세안하였다.

또한 본 연구를 통해서 다양한 용량의 컨테이너 크레인을 설계하기 위한 기본적인 프로세스를 확립함으로써 다양한 모델 생산에 적용 할 수 있게 하였다.

후기

본 연구는 한국과학재단지정 동아대학교 지능형 통합항만관리연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- "Structure calculations of SINSUNDAE PIER Container crane", Daewoo heavy industries LTD structural engineering dept..
- "Maintenance guide of container crane at Hutcheson container terminal in busan (Mechanics/Structure)", Hyundai heavy industry, 2001, 6.
- Dong-myung Shin, Baek-sun Jang, Sang-gil Yang, Yung-nam Park, "Mechanics of materials", Hyung seul publishing, 1999.
- Se-wook Oh, "Mechanic of materials", Dong myung publishing, 1998.
- Jong-kye Shin, Young-shin Lee, Sung-wook Jo "FEM of Logan", Sigma press, 1998.
- "KS D 3503", "KS D 3711", "KS D 3752", Standard book of steel materials