

쐐기각에 따른 레일클램프의 초기 압착력과 밀림거리 사이의 관계

한동섭*, 이성욱, 권순규(동아대 대학원 기계공학과), 한근조(동아대 기계공학부)

Relationship between the Initial Clamping Force and the Sliding Distance of the Rail Clamp according to the Wedge Angle

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

ABSTRACT

In this study we dealt with the relationship between the initial clamping force and the sliding distance in the wedge type rail clamp. The sliding distance is determined by the wedge angle and the initial clamping force. In order to derive the relation formula between the wedge angle and the sliding distance, we adopt 5-kinds of the wedge angle, such as 2, 4, 6, 8, 10°. And then we analyze the effect of the initial clamping force on the sliding distance.

Key Words : Rail clamp (레일클램프), Wedge angle (쐐기각), Sliding distance (밀림거리), Initial clamping force (초기압착력), Mooring device (계류장치)

1. 서론

최근 태풍 ‘매미’로 인한 붕괴사고 이후 개정된 항만시설장비관리규정⁽¹⁾에 따르면 국내에서 설계기준풍속은 작업 시(operating mode) 20 m/s에서 40 m/s로 상향조정되었음을 알 수 있다⁽²⁾. 레일클램프는 작업 시 컨테이너 크레인을 정해진 위치에 고정시킬 뿐만 아니라 돌풍으로 인한 컨테이너 크레인의 레일방향 밀림을 방지하는 장치로서 컨테이너 크레인의 사고를 방지하기 위한 매우 중요한 장치이다⁽³⁾.

초기압착단계에서는 라커(locker)의 물림각 설정에 의해서 조 패드(jaw pad)의 압착력이 결정되며, 쐐기작용단계에서는 쐐기작용에 의해서 조 패드의 압착력을 증기시키므로 쐐기각과 밀림거리사이의 관계를 규명해야 한다. 본 연구에서는 쐐기각과 밀림거리사이의 관계를 규명한 후 초기압착력과 밀림거리사이의 관계를 살펴보고자 한다.

2. 쐐기각과 밀림거리사이의 관계

영국 크레인 설계기준인 BS 2573⁽⁴⁾규격에 따르면, 50ton급 컨테이너 크레인의 작업 시 설계풍속(V_0)에 따른 레일방향 풍하중, F_z 는 아래식과 같이 나타낼 수 있다⁽⁵⁾.

$$F_z = 1.017 \times V_0^2 \text{ [kN]} \quad (1)$$

롤러(roller)와 쐐기(wedge)에 작용하는 하중과 롤러의 이동 변위를 Fig. 1에 나타내었다. 설계기준풍속에 해당하는 조 패드의 압착력을 발휘하기 위한

롤러의 밀림거리(D_s)는 아래 식과 같이 롤러의 중심에서 레일클램프의 주요부의 총변형량(δ_{TR})과 쐐기각(θ)에 의해서 결정된다.

$$D_s = \frac{\delta_{TR}}{\tan\theta} \quad (2)$$

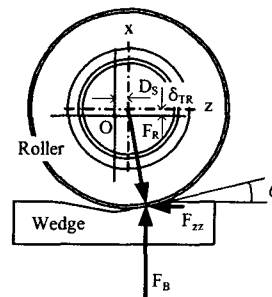


Fig. 1 The total x-directional deformation and the sliding distance at the roller center

롤러의 중심을 기준으로 조(jaw), 조 패드, 라커의 변위는 양(+)의 값을, 롤러, 쐐기, 쐐기 프레임(wedge frame), 인장 봉(extension bar)의 변위는 음(-)의 값을 가지므로 x방향 총변위, δ_{TR} 은 아래 식과 같다.

$$\delta_{TR} = \left\{ \delta_{JR} + \frac{(L_{JU}\delta_P + L_{JL}\delta_L)}{L_{JU} + L_{JL}} \right\} - \{ (\delta_R + \delta_W)\cos\theta + \delta_F + \delta_B \} \quad (3)$$

여기서 δ_{JR} , δ_P , δ_L , δ_R , δ_W , δ_F , δ_B 는 각각 조, 조패드, 라커, 롤러, 썸기, 썸기 프레임, 인장 봉의 x방향 변위이다.

3. 유한요소해석

3.1 설계변수 및 하중조건

40m/s의 작업 시 설계풍속을 기준으로 썸기형 레일클램프의 썸기각(θ)에 따른 밀림거리 변화를 살펴보기 위하여 2, 4, 6, 8, 10°의 5가지 썸기각을 설계변수로 설정하였으며, 썸기각에 따른 썸기형 레일클램프의 주요 부품에 작용하는 하중을 계산하여 Table 1에 나타내었다. 썸기각이 변함에 따라 롤러의 z방향(레일에 접선방향) 하중성분이 변하게 되어 썸기부분에 작용하는 하중은 변하지만, 조부분에 작용하는 하중은 썸기각과는 무관하였다.

Table 1 Forces applied to main part of the rail clamp with respect to the wedge angle [kN]

Forces	θ [°]				
	2	4	6	8	10
F_P	813.275	813.275	813.275	813.275	813.275
F_L	301.461	301.461	301.461	301.461	301.461
F_{Rx}	1114.736	1114.736	1114.736	1114.736	1114.736
F_{Rz}	38.927	77.950	117.163	156.666	196.558
F_R	1115.416	1117.458	1120.876	1125.691	1131.933
F_B	557.368	557.368	557.368	557.368	557.368

3.2 유한요소해석결과 및 고찰

썸기각이 10°일 때 두 조립품의 x방향 변위분포를 Fig. 2에 나타내었으며, 썸기각에 따라 롤러 핀에 발생하는 x방향 변위를 산출한 후 식(3)에 대입하여 x방향 총변위(δ_{TR})를 구하고 이를 식(2)에 대입하면 밀림거리(D_S)를 구하여 Table 2에 나타내었다.

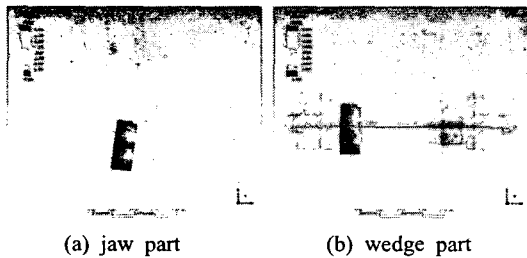


Fig. 2 X-axis displacement distribution at the center of roller pin (as $\theta=10^\circ$, $V_0=40$ m/s)

Table 2 Total x-axis displacement and sliding distance with respect to the wedge angle [mm]

Response	θ [°]				
	2	4	6	8	10
δ_{TR}	1.139	1.135	1.128	1.136	1.164
D_S	32.62	16.23	10.73	8.08	6.60

Table 2를 살펴보면, 롤러 중심에서 x방향 총변형량은 썸기각이 2°에서 10°까지 2°간격으로 증가함에 따라 1.139, 1.135, 1.128, 1.136, 1.164mm로 감소하다가 증가하였으나 변화량은 1.135mm를 기준으로 미미하였다. 따라서 40m/s의 풍속에서 썸기형 레일클램프의 x방향 총변형량은 썸기각에 관계없이 1.135mm라고 두면, 40m/s의 설계풍속에서 50ton급 컨테이너 크레인용 썸기형 레일클램프의 썸기각에 따른 밀림거리(D_S)는 식(2)로부터 다음과 같이 썸기각(θ)에 대한 코탄젠트(cotangent) 함수로 나타낼 수 있다.

$$D_S = 1.135 \cot \theta \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

3. 결론

본 연구에서는 유한요소해석을 통해 썸기각에 따른 초기압착력과 레일클램프의 밀림거리 사이의 관계를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 40 m/s의 설계풍속에서 50 ton급 컨테이너 크레인용 썸기형 레일클램프의 썸기각에 따른 밀림거리(D_S)는 다음과 같이 썸기각에 대한 코탄젠트 함수로 나타낼 수 있다.

$$D_S = 1.135 \cot \theta \quad [\text{mm}]$$

2. 위 식은 풍속증가 시 썸기형 레일클램프에 발생하는 과부하를 방지하기 위한 지지대 위치 설정을 위한 조건이 된다.

후기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

1. Ministry Of Maritime Affairs & Fisheries, "Management Regulation for Facilities and Equipments in Port," 2004
2. Kim, J. R., "Wind Resistance Design Learning from Typhoon Maemi," J. of WEIK, Vol. 7, No. 2, pp. 150-156, 2003.
3. Han, G. J., Lee, H., Shim, J. J., Han, D. S., Ahn, C. W., and Jeon, Y. H., "Study on the Wedge Angle of Wedge Type Rail Clamp for Container Crane," J. of KSPE, Vol. 21, No. 9, pp. 119-126, 2004.
4. BS 2573, "Design of Cranes," 1983.
5. Hanjin Heavy Industries & Construction Co., Ltd., "Structural & Mechanical Calculation for 50 Ton Container for Pusan Port," 2000.