

썰기프레임의 저항력이 레일클램프의 압착력에 미치는 영향

한동섭* · 이성욱** · 이권희*** · 한근조****

*동아대학교 대학원, **동아대학교 대학원, ***동아대학교 기계공학부 교수, ****동아대학교 기계공학부 교수

The Effect of the Resistance of Wedge Frame on the Clamping Force of the Rail Clamp

Dong-Seop. Han · Jae-Joon. Shim** · Geun-Jo. Han*** · Kwon-Hee. Lee*****

**Graduate school of Dong-A University, Busan 604-714, Korea*

***Graduate school of Dong-A University, Busan 604-714, Korea*

****Dept. of Mechanical Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea*

*****Dept. of Mechanical Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea*

요 약 : 컨테이너 크레인용 썰기형 레일클램프에서 조 패드의 초기 압착력은 라커의 물림각 설정 후 라커를 체결 시 주요 부품의 변형량에 의해서 결정된다. 이때 여러 인자들로 인해 썰기 프레임의 저항력이 발생하게 되면, 인장봉의 변형을 감소시켜 초기 압착력 설정을 위한 라커의 물림각이 변하게 된다. 이러한 썰기 프레임의 저항력은 롤러와 썰기사이의 편심거리와 썰기 프레임과 외곽 프레임 사이의 틈새에 따라 결정된다. 본 연구에서는 초기압착단계에서 인장봉에 전달되는 인장력을 실험을 통하여 측정함으로써 썰기 프레임의 저항력이 라커의 썰기형 레일클램프의 압착력에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

핵심용어 : 레일클램프, 썰기 프레임, 물림각, 저항력, 압착력

ABSTRACT : *The clamping force of a jaw pad is determined by the displacements of main part when two lockers are locked, after the clamping angle of a locker was set up in the wedge type rail clamp for a container crane. In this time, if the resistance of wedge frame generates due to several factors, the clamping angle of a locker to display the initial clamping force will be changed because of the reduction of displacement of extension bar. This resistance is determined by the eccentric distance between the roller and the wedge, and by the gap between the wedge frame and outer frame. In this study we measured the tensile force of both extension bar through the performance test of the prototype rail clamp in order to evaluate the effect of the resistance of wedge frame on the clamping force of the wedge type rail clamp.*

KEY WORDS : *rail clamp, wedge frame, clamping angle, resistance, clamping force*

1. 서 론

안벽에서 신속한 양·하역작업을 위해 컨테이너 크레인은 대형화, 고속화, 자동화되고 있으며, 기상환경의 변화로 인해 사고의 위험이 증가하고 있는 실정이다. 대형 컨테이너 크레인의 경우 돌풍이나 태풍으로 인해 발생하는 풍하중은 기존에 비해 대

욱 증대되어 크레인의 전도모멘트와 레일방향하중을 증가시킨다. 정지해 있던 크레인이 큰 레일방향하중을 받게 되면 레일 방향으로 밀리는 일이 발생하는데, 한번 밀리기 시작하면 자체의 높은 관성력으로 인하여 이를 정지시키기가 매우 힘들게 되어 대형사고로 이어질 수 있다. 레일클램프는 작업 시 컨테이너 크레인을 정 위치에 고정시킬 뿐만 아니라 돌풍으로 인해 컨테이너 크레인이 레일방향으로 미끄러지는 것을 방지하는 장치이다. 썰기형 레일클램프는 초기에는 작은 압착력으로 레일을 압착하다가 풍속이 증가하면 썰기작용에 의해 압착력이 증가하는 방식을 취함으로써 구조적으로 매우 안정되고, 내구성이 높은

*정회원, hany321@paran.com 051)200-6989

**정회원, lsw1126@korea.com 051)200-6989

***정회원, leekh@dau.ac.kr 051)200-7638

****정회원, gihan@dau.ac.kr 051)200-7650

장점을 가지고 있다. 따라서 태풍이나 돌풍이 잦은 우리나라 항만에서는 내구성이 높고, 풍속의 변화에 적절히 대처할 수 있는 썬기형 레일클램프를 컨테이너 크레인에 적용하는 것이 가장 효율적이라 할 수 있다.

썬기형 레일클램프를 설계하기 위해서 두 가지를 고려해야 하는데, 먼저 초기 압착력을 발휘하도록 하는 초기압착단계(initial clamping stage)에서는 라커(locker)의 물림각과 조 패드(jaw pad)의 압착력사이의 상관관계를 규명하고, 다음으로 풍속이 증가함에 따라 썬기작용에 의해 압착력이 증가하는 썬기작용단계(wedge working stage)에서는 썬기각과 롤러(roller)의 밀림거리사이의 상관관계를 규명해야 한다(Han et al, 2004). 썬기작용단계에서 초기압착력은 라커의 물림각에 의해서 결정되는데 썬기 프레임(wedge frame)의 편심에 의한 킴 현상으로 인해 썬기 프레임의 저항력이 발생하게 되면, 인장봉(extension bar)의 변형을 감소시켜 초기 압착력 설정을 위한 라커의 물림각이 변하게 된다. 이러한 썬기 프레임의 저항력은 롤러와 썬기사이의 편심거리와 썬기 프레임과 외곽 프레임 사이의 틈새에 따라 결정된다. 본 연구에서는 초기압착 단계에서 인장봉에 전달되는 인장력을 실험을 통하여 측정함으로써 썬기 프레임의 저항력이 라커의 썬기형 레일클램프의 압착력에 미치는 영향을 평가하고자 한다. 연구를 위해 10°의 썬기각을 갖는 50ton급 컨테이너 크레인용 썬기형 레일클램프를 모델로 하여 ANSYS Workbench를 이용하여 강성도 해석을 수행하고 시제품에 대한 성능평가를 통해 얻은 결과를 비교하여 썬기 프레임의 저항력이 초기압착력에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 라커의 물림각과 초기압착력사이의 관계

2.1 썬기형 레일클램프

연구를 위해 사용된 모델은 50ton급 컨테이너 크레인용 레일클램프로써 작동원리는 Fig. 1에 나타낸바와 같이 먼저, 라커의 물림각 설정을 통해 조 패드가 작은 압착력으로 레일을 압착하게 되고, 다음으로 풍속이 증가하게 되면 썬기작용으로 인해 롤러가 회전하면서 조 패드의 압착력을 증가시켜 레일방향으로 크레인이 미끄러지는 것을 방지하는 구조를 가지고 있다(해양수산부, 2000).

2.2 물림각과 압착력 사이의 관계

초기압착력과 라커의 물림각사이의 관계를 살펴보기 위하여 조와 라커에 작용하는 하중 및 라커의 자유물체도를 Fig. 2에 나타내었다. 중추의 무게(W)는 좌·우 라커의 중심에 있는 핀을 하강시켜 라커를 체결하는데 필요한 힘을 말한다.

중추무게에 의해 발생하는 라커 1개에 작용하는 라커의 수평방향력, F_{Lx} 는 아래 식과 같다.

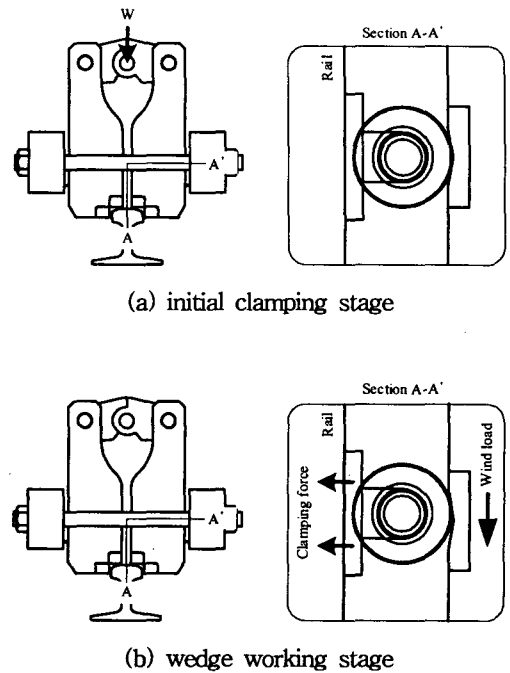


Fig.1 Operating mechanism of the wedge type rail clamp

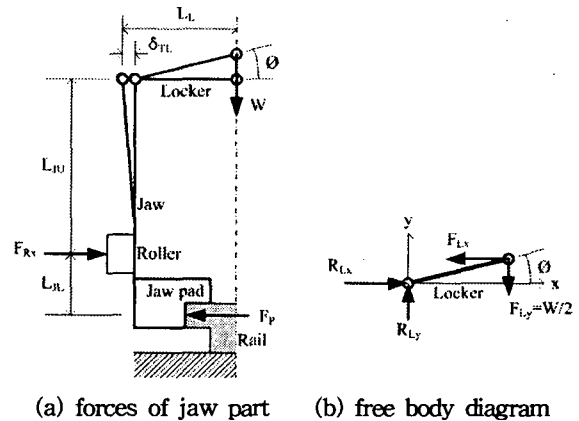


Fig.2 Schematic diagram of forces applied to a locker and a jaw pad in wedge type rail clamp

$$F_{Lx} = \frac{W}{2 \tan \phi} \quad (1)$$

Fig. 2(a)에서 조의 상단 x방향 총변형량(δ_{TL})이 주어질 때 라커의 물림각, ϕ 는 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\phi = \cos^{-1} \left(1 - \frac{\delta_{TL}}{L_L} \right) \quad (2)$$

여기서 L_L 은 라커에서 핀 홀의 중심간 길이이다.

조의 상단부와 라커가 연결된 핀의 중심을 기준으로 라커의 변위는 양(+)의 값을, 조, 조 패드, 롤러, 썬기, 썬기 프레임,

인장 봉의 변위는 음(-)의 값을 가지므로 조의 상단에서 x방향 총변형량, δ_{TL} 은 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서 δ_{JU} 는 조의 상단부의 라커와 연결되는 핀 홀의 x방향 변위이다.

3. 췌기형 레일클램프의 유한요소해석

3.1 풍속에 따른 풍하중과 각 부재에 작용하는 하중

BS 2573규격에 따르면 풍속(V_0)에 따른 50 ton급 컨테이너 크레인의 작업 시 설계풍속에 따른 레일방향 풍하중, F_z 는 아래와 같이 나타낼 수 있다(Hanjin HI&C Co. Ltd., 2000).

$$F_z = 1.017 \times V_0^2 \text{ [kN]} \quad (4)$$

부산항의 경우 평상시 5~10m/s의 바람이 발생하므로 라커의 물림각과 조 패드의 압착력사이의 상관관계를 살펴보기 위하여 2, 4, 6, 8, 10m/s의 5가지 설계풍속을 설계변수로 설정하였으며, 레일방향 풍하중과 췌기형 레일클램프의 각부에 작용하는 부재력을 계산하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Z-directional wind force and internal forces applied to each part with respect to the wind speed [kN]

Forces	V_0 [m/s]				
	2	4	6	8	10
F_z	4.066	16.266	36.597	65.062	101.659
F_P	2.033	8.133	18.299	32.531	50.830
F_L	0.754	3.015	6.783	12.058	18.841
F_{Rx}	2.787	11.147	25.082	44.589	69.671
F_{Rz}	0.491	1.966	4.423	7.862	12.285
F_R	2.830	11.319	25.468	45.277	70.746
F_B	1.393	5.574	12.541	22.295	34.836

3.2 유한요소해석결과 및 고찰

레일클램프의 7가지 주요 부품을 크게 조, 라커, 조 패드로 연결된 조 부분(jaw part)과 툴러, 췌기, 췌기 프레임, 인장 봉으로 이어지는 췌기 부분(wedge part)의 2가지 조립품으로 나누고 5가지 하중조건을 적용하여 강도해석을 수행하였다.

췌기각이 10° 이고 풍속이 10 m/s일 때 두 조립품의 x방향 변위분포를 Fig. 3에 나타내었으며, 라커의 물림각과 중추 무게

및 라커의 물림각과 초기압착력사이의 관계를 살펴보기 위하여 풍속에 따른 라커의 물림각, 중추무게 및 인장봉의 인장력을 Table 2에 각각 나타내었다.

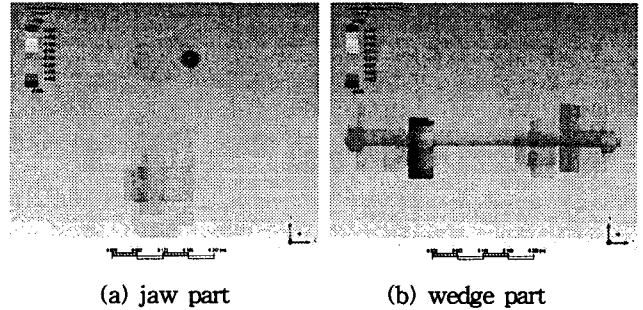


Fig. 3 X-directional displacement distribution at the center of locker pin (as $\theta=10^\circ$, $V_0=10$ m/s)

Table 2 Clamping angle of a locker and weight of a heavy pendulum according to the wind speed (as $\theta=10^\circ$)

Response	V_0 [m/s]				
	2	4	6	8	10
ϕ [°]	0.747	1.495	2.255	3.000	3.753
W [kN]	0.020	0.157	0.534	1.264	2.472
F_B [kN]	1.393	5.574	12.541	22.295	34.836

3.2.1 라커의 물림각에 따른 중추무게

라커의 물림각과 라커의 체결을 위한 중추무게(W)사이의 상관관계를 규명하기 위하여 Table 3의 라커의 물림각에 따른 중추무게를 좌표평면에 표시하고 테일러급수(Taylor series)를 이용하여 데이터를 피팅(fitting)한 결과 Fig. 4와 같다.

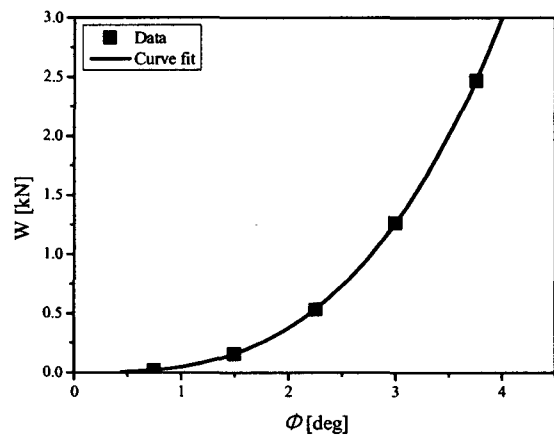


Fig. 4 Weight of a heavy pendulum and curve fitting result according to the clamping angle of locker

3차식으로 데이터를 피팅한 결과와 해석 데이터간의 상관관계수(r^2)가 1이 되므로 라커의 물림각에 따른 중추무게(W)는 테일러급수를 이용하여 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$W = 0.00427 - 0.00647\phi + 0.00271\phi^2 + 0.04643\phi^3 \quad (5)$$

여기서, 라커의 물림각(ϕ)의 단위는 [°]이며, 중추의 무게(W)의 단위는 [kN]이 된다.

3.2.2 라커의 물림각에 따른 인장봉의 인장력

라커의 물림각과 인장 봉에 발생하는 인장력사이의 상관관계를 살펴보기 위하여 Table 2의 라커의 물림각에 따른 인장 봉의 인장력을 좌표평면에 표시하고 테일러급수를 이용하여 그래프를 그린 결과 Fig. 5와 같이 나타났다. 2차함수로 그래프를 그린 결과와 해석 데이터간의 상관계수(r^2)가 0.99999이므로 인장 봉의 인장력(F_B)은 라커의 물림각(ϕ)에 관한 2차함수로서 테일러급수전개하면 아래 식과 같다.

$$F_B = 0.03052 - 0.01369\phi + 2.47522\phi^2 \quad (6)$$

여기서, 라커의 물림각(ϕ)의 단위는 [°]이며, 인장 봉의 인장력(F_B)의 단위는 [kN]이 된다.

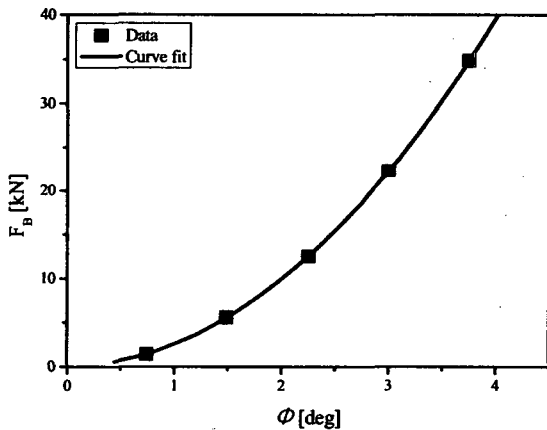


Fig. 5 Force applied to the extension bar and curve fitting result with respect to the clamping angle of a locker

4. 레일클램프의 성능평가

4.1 시험장치 및 시험방법

초기압착단계에서 썬기 프레임의 저항력이 라커의 물림각과 초기압착력사이의 관계에 미치는 영향을 평가하기 위하여 10°의 썬기각을 갖는 50 ton급 컨테이너 크레인용 썬기형 레일클

램프와 시험용 지그를 제작하였으며, Fig. 6에 나타내었다. 라커를 체결하기 위한 중추무게(W)의 측정을 위해 라커 상·하 구동을 위한 소형 유압실린더의 내부압력을 측정할 수 있는 압력계를 사용하였으며, 라커의 물림각에 따른 조 패드의 압착력을 측정하기 위하여 인장 봉의 중앙에 90°간격으로 단축 스트레인 게이지를 봉의 길이방향과 평행하게 부착하여 용력 측정장치를 통해 인장 봉의 발생용력을 측정하였다(Oh, 2000). 좌·우 라커의 중앙 연결 핀의 중심에서 위쪽으로 벌어진 각(2 ϕ)에 해당하는 현의 길이(C_L)를 측정하여 라커의 물림각(ϕ)을 설정하였다.

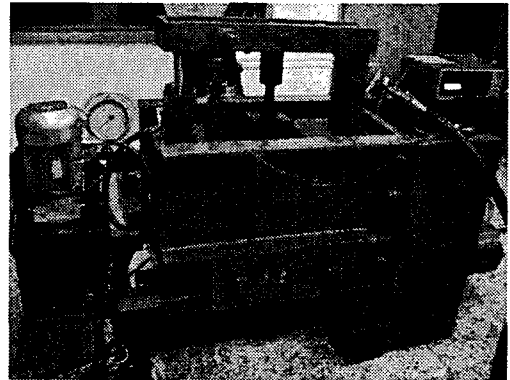


Fig. 6 Experimental apparatus to test a performance of the wedge type rail clamp for 50 tons class Q/C

라커의 물림각과 중추무게 사이의 상관관계를 살펴보기 위하여 라커의 물림각을 5($\phi=2.18^\circ$), 7(3.05°), 9(3.92°), 11 mm(4.80°)의 현의 길이(C_L)로써 설정하였으며, 각각 물림각에서 5 set(1 set에 5회 반복, 총 25회)을 반복하여 중추무게(W)와 인장 봉의 발생용력을 측정 후 최대, 최소값을 제외한 나머지 3가지 값을 평균하였다.

4.2 실험결과 및 고찰

4.2.1 라커의 물림각에 따른 중추무게

라커의 완전한 체결을 위해 구동되는 유압실린더의 내경은 50 mm이고, 실린더의 직경은 28 mm이며, 4가지 라커의 물림각(ϕ)에서 라커의 체결을 위한 유압실린더의 하강 시 평균압력(p_L)을 측정 후 유효단면적을 곱하여 라커의 체결을 위한 중추무게(W)를 산출하였다. 중추무게를 실험을 통해 얻은 결과와 식(6)을 이용하여 산출한 해석 결과를 비교하여 Fig. 7에 그래프로 나타내었다.

라커의 물림각이 2.18°에서 4.80°까지 증가함에 따라 실험값이 유한요소해석값보다 각각 1.308, 1.344, 1.301, 1.079 kN씩 크게 나타났으며, 변화하는 양상은 유사한 경향을 보였다. 중추무게와 라커의 물림각사이의 관계를 나타낸 식(1)을 살펴볼 때, 실험값이 해석값보다 약 1.3 kN 크게 나타난 것은 라커의

수평방향 압축력(F_{Lx})이 해석결과보다 크다는 것을 의미한다. 이것은 초기압착단계에서 조 상단의 라커와 연결된 라커 핀의 x방향 변위와 라커의 물림각사이의 관계를 나타낸 식(2)로부터 실제 발생하는 라커 핀의 수평방향 총변위(δ_{TL})가 해석결과에 비해 작다는 것을 의미한다.

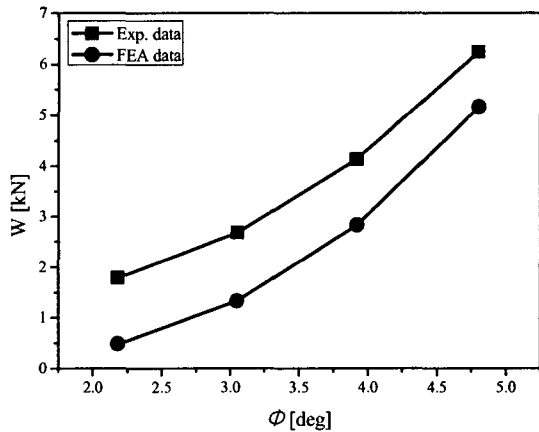


Fig. 7 Comparison of the weight of a heavy pendulum of experiment and FEA with respect to the clamping angle of a locker

4.2.2 라커의 물림각에 따른 인장봉의 인장력

초기압착단계에서 라커의 물림각과 인장 봉에 작용되는 인장력사이의 상관관계를 규명하기 위하여 4가지 라커의 물림각(ϕ)에서 좌·우 인장 봉에 발생하는 x방향(봉의 길이방향) 수직응력(σ_{Bx})을 평균한 후 라커의 물림각에 따라 인장 봉에 발생하는 평균응력을 산출하였다. 라커의 물림각에 따라 인장 봉에 발생하는 인장력을 실험을 통해 얻은 결과와 식(6)을 이용하여 산출한 해석 결과를 비교하여 Fig. 8에 나타내었다.

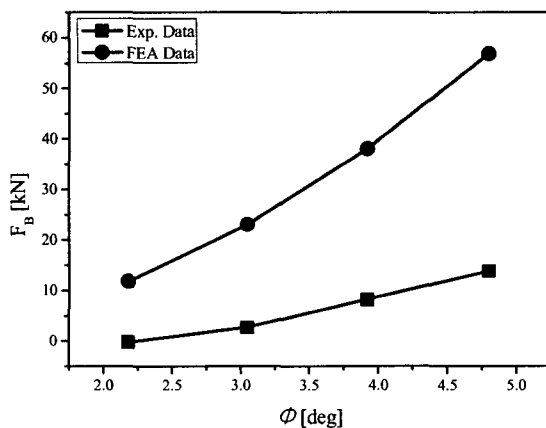


Fig. 8 Comparison of tensile force of a bar of FEA and experiment with respect to the clamping angle

라커의 물림각이 2.18°에서 4.80°까지 증가함에 따라 실험값이 유한요소해석 값보다 각각 11.953, 20.342, 29.911, 43.087 kN으로 약 1/5 정도 작게 나타났으며, 변화하는 양상은 유사한 경향을 보였다. 실험값이 해석값보다 1/5정도 작게 나타난 것은 실제 구조물에서 인장 봉에 전달되는 인장력이 매우 작다는 것을 의미한다. 즉, 다른 부품에 의해 인장 봉에 전달되어야 할 하중이 분산되었다는 것을 의미한다. 쉘기형 레일클램프의 구조 상 인장 봉에 전달되어야 하는 하중을 분산시키는 부품은 쉘기 프레임이다. 쉘기 프레임은 외각 프레임에 단순히 끼워 맞춤되어 있어 하중이 작용하지 않을 때는 x방향(인장 봉의 길이방향)으로 미끄러져 빠져나올 수 있으나 구조물에 하중이 작용하게 되면, 물러가 쉘기의 아랫면을 밀어내도록 위치하고 있어 쉘기 프레임에 z방향 모멘트가 발생되고 쉘기 프레임이 외곽 프레임에 끼이는 현상이 발생함으로 인해 인장 봉에 전달되어야 하는 하중을 감소시키는 것으로 판단된다.

4.2.3 쉘기 프레임의 저항력을 고려한 중추무게

라커의 물림각에 따른 중추무게 및 인장 봉의 발생 인장력을 측정된 결과를 나타낸 앞의 두 항목으로부터 쉘기 프레임의 킴 현상으로 인해 발생하는 쉘기 프레임의 저항력(resistance force)이 인장 봉에 작용되어야 할 인장력(F_B)을 분산시킴으로서 실험을 통해 인장 봉에 발생하는 인장력($F_{B,Exp}$)이 하중 분석을 통해 유도된 인장력($F_{B,FEA}$)보다 작게 나타남을 알 수 있었다. 그로 인해 라커와 연결되는 조의 상단부의 라커 핀에 발생하는 수평방향 총변위(δ_{TL})가 감소하게 되고, 이에 따라 설정된 라커의 물림각에서 실험을 통해 얻은 라커를 체결을 위한 중추무게(W_{Exp})가 유한요소해석에서 얻은 중추무게(W_{FEA})결과 보다 크게 나타나게 되는 결론을 낳았다. 따라서 실험결과와 유한요소해석결과의 비교를 위해서는 이러한 쉘기 프레임의 저항력을 고려하여 라커의 물림각과 중추무게에 대한 상관관계를 분석해야 한다.

쉘기 프레임의 저항력을 고려할 경우 식(1)~(3)은 다음과 같이 나타낼 수 있다. 쉘기 프레임의 저항력을 고려한 조의 상단부에 작용하는 라커의 하중, F_{Lx}^* 는 실험을 수행하여 얻은 중추무게(W_{Exp})를 이용하여 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{Lx}^* = \frac{W_{Exp}}{2 \tan \phi} \quad (7)$$

쉘기 프레임의 저항력을 고려하면 인장 봉에 작용하는 인장력, $F_{B,FEA}$ 는 아래 식과 같이 나타낸다.

$$F_{B,FEA} = \left(1 + \frac{L_{JU}}{L_{JL}}\right) \frac{F_{Lx}^*}{2} \quad (8)$$

썰기 프레임의 저항력을 고려할 때 라커와 연결되는 조의 상단부의 라커 핀에 발생하는 수평방향 총변위, δ_{TL}^* 는 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\delta_{TL}^* = - \left\{ \delta_{JU} - \delta_L + \frac{L_{JU}}{L_{JL}} \delta_P \right\} - \frac{L_{JU} + L_{JL}}{L_{JL}} \left\{ (\delta_R + \delta_W) \cos \theta + \delta_F + \frac{F_{B,Exp}}{F_{B,FEA}} \delta_B \right\} \quad (9)$$

여기서 $F_{B,Exp}$ 는 썰기 프레임의 저항력으로 인해 줄어든 인장봉에 발생한 인장력이다. 이 때 썰기 프레임의 저항력을 고려한 라커의 물림각, ϕ^* 는 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\phi^* = \cos^{-1} \left(1 - \frac{\delta_{TL}^*}{L_L} \right) \quad (10)$$

따라서 썰기 프레임의 저항력을 고려한 중추무게, W_{FEA}^* 는 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$W_{FEA}^* = 2F_{Lx}^* \tan \phi^* \quad (11)$$

썰기 프레임의 저항력을 고려한 중추무게(W_{FEA}^*)와 실험을 통해 얻은 중추무게(W_{Exp})를 비교하여 Fig. 9에 나타내었다. 썰기 프레임의 저항력을 고려하였을 경우 라커의 물림각(ϕ)이 2.18°인 경우에 29.4%로 나타났고, 나머지 물림각에서는 10%내외로 나타났으며, 물림각이 3.5°일 때를 기준으로 실험값이 썰기 프레임의 저항력을 고려한 해석값보다 작았다가 커지는 형태를 보이고 있음을 알 수 있다.

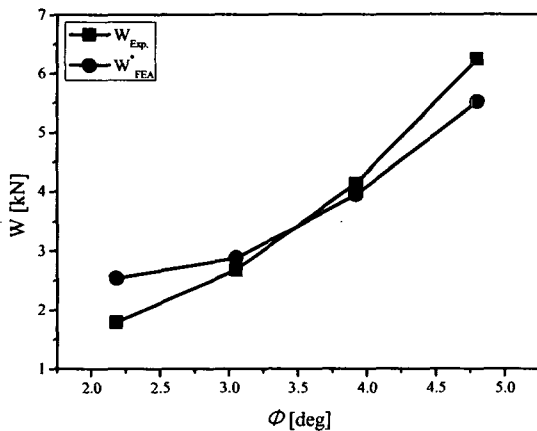


Fig. 9 Comparison of the weight of a heavy pendulum of experiment and FEA considering the resistance force of a wedge frame

5. 결 론

1. 썰기 프레임의 저항력을 고려하지 않았을 경우 라커의 물림각이 2.18°에서 4.80°까지 증가함에 따라 중추무게는 실험값이 유한요소해석값보다 각각 1.308, 1.344, 1.301, 1.079 kN 씩 크게 나타남을 알 수 있었으며, 인장봉의 인장력은 실험값이 유한요소해석 값보다 각각 11.953, 20.342, 29.911, 43.087 kN으로 약 1/5 정도 작게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 결과는 썰기 프레임의 저항력이 인장봉에 전달되어야 하는 인장력을 분산시켰다는 것을 의미한다.

2. 실험결과를 바탕으로 썰기 프레임의 저항력을 고려하였을 경우 중추무게는 실험값과 유한요소해석값의 오차가 라커의 물림각이 2.18°인 경우에 29.4%로 나타났고, 나머지 물림각에서는 10%내외로 거의 일치하였으며, 물림각이 3.5°일 때를 기준으로 실험값이 썰기 프레임의 저항력을 고려한 해석값보다 작았다가 커지는 형태를 보이고 있음을 알 수 있다.

3. 썰기형 레일클램프에서 초기압착력을 설정하기 위해서는 라커의 물림각과 초기압착력사이의 관계에 대하여 명확한 규명이 있어야 하며, 이를 위해서는 썰기 프레임의 저항력에 대한 분석이 요구됨을 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 한국과학기술부지정 국가지정연구실사업의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- [1] Han, G., Lee, H., Shim, J., Han, D., Ahn, C, and Jeon, H.(2004), Study on the Wedge Angle of Wedge Type Rail Clamp for Container Crane, J. of KSPE, Vol. 21, No. 9, pp. 119-126.
- [2] 해양수산부(2000), 항만시설장비검사기준, [별표 4].
- [3] BS2573, British Standards UK.
- [4] Hanjin Heavy Industries & Construction Co., Ltd. Plant Engineering Department(2000), Structural & Mechanical Calculation for 50Ton Container Crane for Busan Port.
- [5] Oh, G.(2000), Effective Clamping Force Measuring System for Spring Clamps, J. of KSPE, Vol. 17, No. 10, pp. 95-101.