

스프레더용 충격흡수장치를 통한 충격해석

김성운*, 한동섭, 심재준(동아대학교 기계공학과 대학원),
한근조, 안찬우(동아대학교 기계산업시스템 공학부)

Impact Analysis Using Shock Absorbing System For Spreader

S. Y. Kim, D. S. Han, J. J. Shim. (Mech. Eng. Dept., Dong-A Univ.),
G. J. Han, C. W. Ahn (Mech. & Ind. Syst. Eng. Div., Dong-A Univ.)

ABSTRACT

Many malfunctions take place in container crane spreader due to impact. So we designed a 2DOF hydraulic impact absorbing system and studied the change of impulse with respect to the variation of falling height and weight. The falling height becomes higher than 1m and the falling weight goes up heavier than 100kg, the impact absorbing rate was lower. When spreader is bumped against container and impulse force concentrates on one point, impact absorbing equipment would not be operated properly and make some trouble.

Key Words : Container crane spreader (컨테이너 크레인 스프레더), 2DOF hydraulic impact absorbing system (2자유도 충격흡수장치), Falling height (낙하높이), Falling weight (낙하질량)

1. 서론

선박 건조 기술의 발전과 우리나라의 경제성장으로 인한 수출입 물동량의 증가로 부산항의 2001년 컨테이너 처리 실적은 7,900(천)TEU로써 홍콩과 싱가포르에 이어 세계 3위의 처리실적을 올렸다. 그러나 항만 생산성에서는 시간당 처리능력이 약 47TEU로 고베항(日本)의 처리능력인 87TEU의 54%에 불과한 실정이며, 다른 세계주요항만에 비해 선석당 처리량이 높아 매우 혼잡한 항만으로 나타났다. 이러한 부산항의 컨테이너 처리능력 부족을 해결하기 위해서는 신항만을 건설하고 컨테이너 처리 효율을 높여야 하지만, 전자의 경우 높은 비용과 항만건설 기간의 제약으로 단기간에 문제를 해결하기에는 부적합하다. 단기간에 문제를 해결하기 위해서는 컨테이너 처리 효율을 높여야 한다.

항만의 컨테이너 처리 효율을 높이기 위해서는 컨테이너를 운반하는 스프레더의 성능향상이 필요로 되어지며, 스프레더를 이용하여 컨테이너를 운반할 경우 스프레더와 컨테이너 사이에 발생하는 충격력은 스프레더 고장의 직접적인 원인이 되어 고장시간

의 증가로 인한 작업능률 저하로 이어진다.

스프레더의 충격력을 줄이기 위해 스웨덴 Bromma社는 스프레더 충격부에 유압 충격흡수기를 장착하였고, 싱가포르의 RAM社는 충격부에 방진 고무를 장착함으로써 충격력을 감소시켰다. 본 연구에서는 스프레더 충격력을 고려한 이상적인 감쇠값을 유도한 Bromma社와 같은 유압충격흡수장치를 구상하여 유한요소 프로그램인 ANSYS 5.6을 이용하여 실제 충격력 작용을 고려한 충격해석을 실시하여 충격흡수량을 비교해 보았다.

2. 충격흡수장치를 통한 충격해석

2.1 2자유도계의 지배방정식

스프레더와 컨테이너 사이에 발생하는 최대 충격력 F 는 충격작용시 시간에 따른 반력을 고려한 것이다. 이러한 충격력을 줄이기 위해 본 연구에서 구상한 충격흡수장치는 100kg 질량을 1m높이에서 자유낙하 시켰을 경우 최적의 충격흡수를 하는 설계값으로 상부피스톤(Piston1) 14kg 하부피스톤(Piston2) 4.5kg 으로 이는 설계에 따른 질량이며, 감쇠계수값

과 스프링 상수값을 Table 1에 나타내었으며 2자유도계의 지배방정식은 다음과 같다.

$$m_1 \ddot{x}_1 + c_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_1(x_1 - x_2) = F \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + c_2 \dot{x}_2 + k_2 x_2 = c_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_1(x_1 - x_2) \quad (2)$$

Table 1 2DOF Impact Absorbing System

Piston 1 (Upper Piston)	M_1	14kg
	C_1	8000N·s/m
	K_1	12000N/m
Piston 2 (Lower Piston)	M_2	4.5kg
	C_2	1000N·s/m
	K_2	20000N/m

Fig. 1은 본 연구에서 제작한 2자유도계 충격흡수 장치의 개략도를 나타낸 것이다.

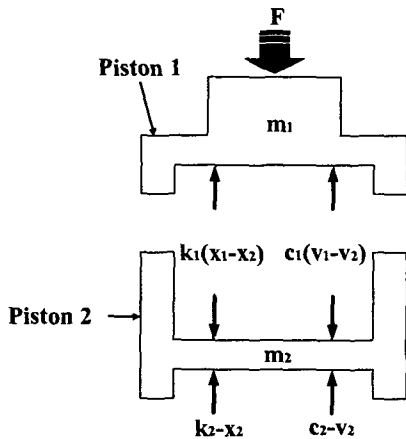


Fig. 1 Schematic diagram of impact absorbing system with 2 DOF

2.2 충격해석

낙하높이와 낙하중량 변화가 충격흡수량에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 100kg의 물체를 낙하높이 0.9, 1.0, 1.1m에 따른 3가지 모델과 낙하높이 1m로 고정하고 낙하중량 50, 100, 150kg인 3가지 모델 모두 6가지 모델에 대한 충격해석을 수행하여 실린더 바닥에서 나타나는 반력을 구하였다.

Fig. 2에 충격해석의 개략도를 나타내었다. Piston 1과 2의 위치에 절점을 생성하여 실린더 바닥에 생성한 절점과 Combination 요소를 적용하여 스프링 상수 k와 감쇠계수 c값을 적용하였다. 낙하 높이를 고려하여 Mass 요소를 생성시키고, Bottom과 Piston

2, Piston 2와 Piston 1, Piston 1과 weight 사이에 Point-to-Point Contact 요소를 구성한 후, 각각의 하중과 높이를 적용하여 시간에 따른 Transient 해석을 수행하였다.

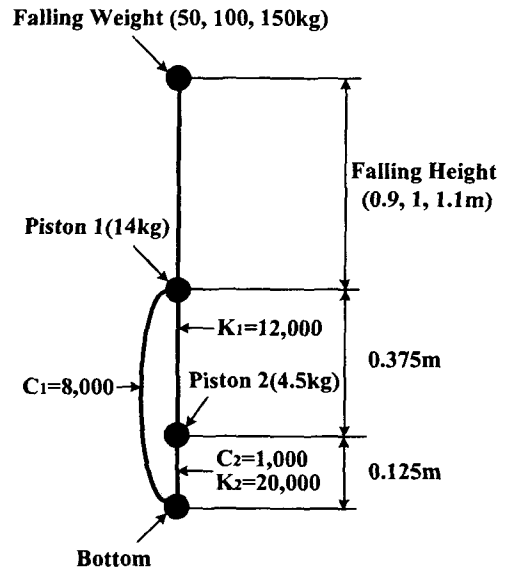


Fig. 2 Schematic diagram of impact analysis of shock absorbing system

3. 결과 및 토의

3.1 낙하높이 변화에 따른 충격력

낙하중량을 100kg으로 고정하고 낙하높이를 0.9~1.1m로 변화시켜 해석을 수행한 후 충격흡수장치의 반력과 충격흡수율을 Table 2에 나타내었다. 낙하 높이를 세가지 경우로 변화시켜 해석을 수행한 이유는 실제 스프레더 작동시 낙하높이가 일정하게 유지되지 못하기 때문이다. 충격흡수장치를 고려하지 않은 충격력은 약 270,000N으로 100kg 물체를 1m에서 낙하시켰을 경우의 충격량이다. 이 때의 충격량과 해석 결과값을 비교하여 충격흡수율을 나타내었다.

1m 낙하모델의 경우 충격흡수장치가 없을 경우와 비교해 보면 약 84.22%의 충격량이 감소하였음을 알 수 있다. 0.9m 모델에서는 오히려 1m 모델보다 낮은 충격흡수율을 보이고 있으며, 1.1m 모델일 경우 충격흡수율이 41.44%로 급격히 낮아졌음을 보인다.

3.2 낙하중량 변화에 따른 충격력

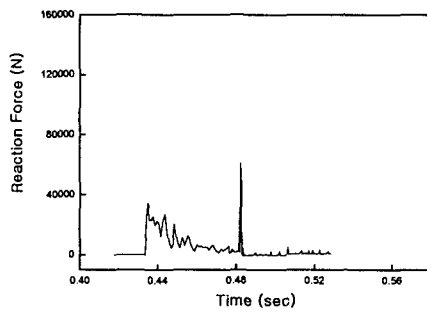
낙하중량을 50~150kg로 변화시켜 해석을 수행한 후 충격흡수장치의 반력과 충격흡수율을 Table 3에 나타내었다. 하중을 위와 같이 변화시킨 이유는

Table 2 Reaction force and reduced absorbing rate of each height (100kg)

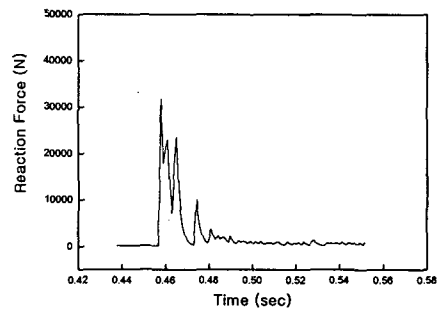
Height (m)	Time(sec)	Reaction Force (N)	Absorbing rate
0.9	0.48228	60,884.4	77.45 %
1	0.4606	42,618.2	84.22 %
1.1	0.51263	158,121	41.44 %

Table 3 Reaction force and reduced absorbing rate of each weight (1m)

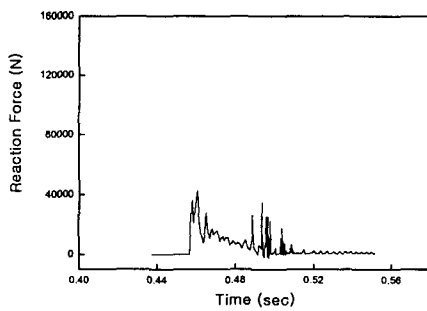
Weight (kg)	Time(sec)	Reaction Force (N)	Absorbing rate
50	0.4579	31,832	76.42 %
100	0.4606	42,618	84.22 %
150	0.4786	341,441	15.69 %



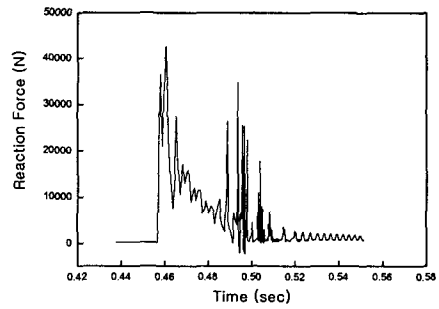
(a) 90mm



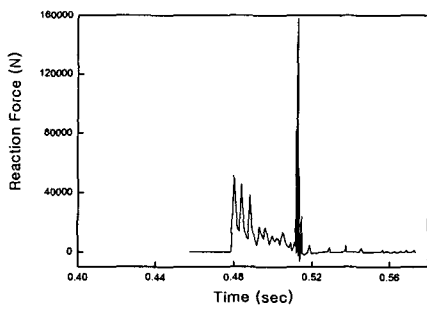
(a) 50kg



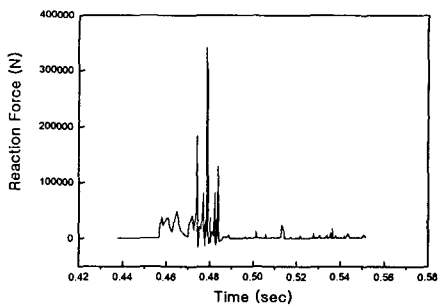
(b) 100mm



(b) 100kg



(c) 110mm



(c) 150kg

Fig. 3 Reaction Force change with respect to falling height

Fig. 4 Reaction Force change with respect to falling weight

작동 시 스프레더가 기울어져 컨테이너와 충돌, 충격력이 집중되거나 분산되는 경우를 고려한 것이다.

Table 3의 100kg 모델값 충격흡수율을 비교해 보면, 50kg 모델에서는 이 보다 약간 낮은 76.42%의 충격흡수율을 보이며 150kg 모델에서는 충격흡수율이 15.69%로 급격히 감소하는 것을 보인다.

4. 결론

낙하높이와 낙하중량에 따른 충격흡수량을 살펴 보기 위하여 6가지 모델에 따른 충격해석을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 중량을 고정하고 높이를 변화시켰을 경우 최적화된 충격흡수장치에서의 충격흡수율은 1m 이상 높이가 올라갈 경우 그 값이 급격하게 낮아짐을 알 수 있었다.

2 낙하높이만을 변화시킨 모델에서 0.9m의 모델이 1.0m의 모델보다 반력값이 보다 높게 나타났으며, 이는 최적화모델(1m-100kg)보다 직접적인 충격량이 낮아 충격흡수장치 시스템 기능이 정상적으로 작동하지 않은 것으로 사료되어 진다.

3. 높이를 고정하고 질량만을 변화 시켜 해석한 값은 100kg 이하에서의 충격흡수율 감소보다 100kg 이상의 값에서 충격흡수율의 감소가 보다 높게 나타남을 알 수 있었다. 이는 스프레더 작동 시 충격력 집중이 발생할 경우 고장의 직접적인 원인이 될 수 있음을 예측할 수 있다.

참고문헌

1. "해운통계요람" 한국해양수산개발원, 2001.
2. Goong Chen, Jianxin Zhou, "Vibration and Damping in Distributed Systems," Vol. I, CRC Press, 1993.
3. Boris G. Korenev, and Leonid M. Reznikov, "Dynamic Vibration Absorbers," Theory and Technical Applications, John Wiley & Sons Ltd., 1993.
4. Peterson R. R., "Hydraulic Applied to the Automobile Suspension.", Proceedings of the National Conference of Industrial Hydraulics, Vol., 7, 1953.
5. K. N. Jr. Morman, "A Model for the Analysis and Simulation of Hydraulic Shock Absorber," Ford Modtor Co., Research Staff Report, 1983.