

# 능동후드리프트 시스템의 구조 설계에 따른 전개시간의 실험적 평가

## Experimental Evaluation of Deployment Time of Active Hood Lift System According to Structural Improvement

이 태 훈\* · 윤 근 하\* · 박 춘 용\* · 강 제 원\* · 최 승 복†

Tae-Hoon Lee, Gun-Ha Yoon, Chun-Yong Park, Je-Won Kang and Seung-Bok Choi

(Received February 18, 2016 ; Revised March 29, 2016 ; Accepted March 29, 2016)

**Key Words :** Active Hood Lift System(액티브 후드 리프트 시스템), Deployment Time(전개시간), Pedestrian Safety (보행자 안전), Structural Complement(구조적 보완), Structural Design(구조적 설계), Gunpowder Actuator(화약식 액추에이터)

### ABSTRACT

In this research, the performances of active hood lift system(AHLS) are investigated according to the structural improvement through the experimental test. After introducing the working principle of the AHLS activated by a gunpowder actuator, the structural problems that cause the inefficiencies in the actuation are analyzed to reduce the deployment time of system. Sequentially, the improved structural model is proposed base on the analysis. The deployment time of AHLS are evaluated by the experimental test, and it has been identified that the improved model can provide a faster deploying time of AHLS.

### 1. 서 론

최근 보행자 안전에 대한 인식이 증가하고 보행자 보호를 위한 규제가 강화되어, 이에 대한 시스템 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다<sup>(1-4)</sup>. 특히 보행자 사망의 65% 이상을 차지하는 머리 상해로부터 보행자를 보호할 수 있는 시스템으로, active hood lift system(AHLS)이 소개되어 연구되고 있다<sup>(5-7)</sup>. 보통 보행자와 차량이 충돌하여 보행자의 머리가 차량의 후드와 충돌하면, 보행자는 후드 아래의 강성 구조물과의 충돌에 의해 극심한 치명상을 입게 된다. AHLS는 차량과 보행자의 충돌 시, 차량의 후드를

빠르게 올려 보행자의 충격에너지를 흡수함으로써 후드 아래의 강성 구조물과 보행자의 머리가 부딪히는 것을 방지하는 시스템이다. 이 시스템을 적용한다면 보행자 머리로 전해지는 충격을 최대 90%까지 줄일 수 있다고 연구되고 있으며<sup>(5)</sup>, 통계적으로 이를 통해 보행자 사망자의 80%를 살릴 수 있다고 보고되고 있다<sup>(8)</sup>.

이 시스템에서 가장 중요한 요소는 시스템의 전개 시간이다. 전개속도가 차량의 충돌 속도에 비해 충분히 빠르지 못하여 전개가 완료되기 전에, 보행자의 머리와 후드간의 충돌이 일어난다면, 보행자는 후드의 관성력에 의해 더 큰 충격을 받게 되어 문제가 될 수 있다. 반면 전개속도가 빠르다면, 더 빠른

† Corresponding Author; Member, Mechanical Engineering,  
Inha University  
E-mail: seungbok@inha.ac.kr  
\* Mechanical Engineering, Inha University

‡ Recommended by Editor Jae Hung Han  
© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

차량 운행 속도에서 시스템이 작동하더라도, 보행자를 충분히 보호할 수 있으며, 반대로 동일한 차량 운행 속도에서 작동하더라도, 이를 통해 후드를 더 높이 들어올린다면 보행자의 충격 흡수에 더 용이할 것이다. 때문에 현재 짧은 시간에 보다 많은 힘을 낼 수 있는 화약 방식의 액추에이터를 사용하여 전개시간을 줄이기 위한 연구가 진행되고 있으며, 그 과정에서 전개 시간을 보다 향상시키기 위한 시스템의 구조적 최적화가 요구되고 있다<sup>9)</sup>.

이에 따라 이 논문의 저자는 이전에, 화약 방식의 액추에이터를 사용하는 AHLS의 전체적인 형상을 표현할 수 있는 변수를 지정하고, 이 변수들이 시스템의 전개시간에 미치는 영향을 조사하여 전개시간 향상을 위해 AHLS의 전체적인 형상에 대한 설계 방향을 제안하였다<sup>10)</sup>. 이 논문에서는 AHLS의 전개 시간을 향상시키기 위한 구조적 설계의 연속적인 단계로써, 전체적인 형상 이외의 시스템을 구성하는 요소의 형상으로부터 액추에이터의 폭발력을 전달하는 과정에서 일어나는 취약점을 분석하고 이를 극복할 수 있는 설계 방안을 제시하여, 그에 따라 설계를 보완한다. 또한 설계 보완에 따른 시스템의 전개 시간 향상을 평가하기 위한 실험을 진행하고 국제적 평가 기준을 참조하여 향상된 전개시간을 평가한다.

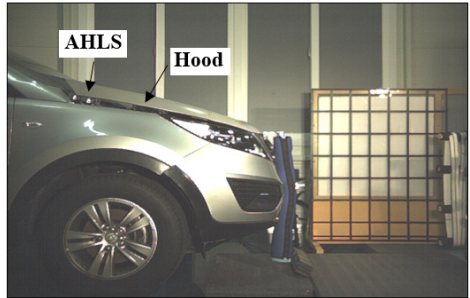
## 2. 시스템의 작동원리

AHLS는 Fig. 1(a)과 같이 보행자 다리(Legform)와 범퍼가 충돌할 때 범퍼의 멤베레인 센서를 통해 보행자와의 충돌을 감지하여 시스템으로 신호를 전달하면, Fig. 1(b)와 같이 힌지 부에 설치된 화약 방식의 액추에이터를 통해 후드를 들어올리는 원리를 갖는다. Fig. 2(a)는 화약 방식의 액추에이터를 포함하는 힌지 부의 AHLS를 나타내며, Fig. 2(b)는 액추에이터의 폭발에 의해 시스템의 전개가 완료되었을 때를 나타낸다. 이와 같은 구조는 후드와 차체를 연결하는 기존 힌지에 락 레버가 추가되어 액추에이터의 폭발력을 후드로 전달하는 메커니즘을 갖는다. 액추에이터의 폭발력에 의해 회전한 락 레버는 후드와 직접적으로 연결된 롱 링크의 돌출부와 접촉하여 후드를 들어올리며, 후드의 변형을 위한 공간을 확보한다. 시스템에서 사용된 화약 액추에이터는 빠른 시간에 다량의 가스를 생성시

키는 Micro Gas Generator(MGG)가 사용되었으며, 이 시스템에서는 10 cc 공간 내부에서 10 ms내로 65 Mpa의 압력을 생성시키는 MGG가 사용되었다.

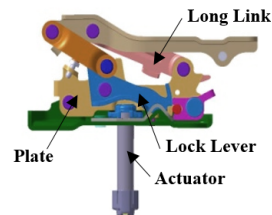


(a) Before operation

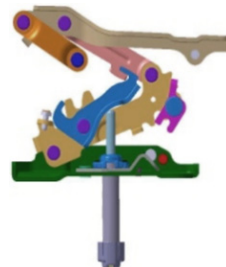


(b) After operation

Fig. 1 Operation photographs of AHLS



(a) Before operation



(b) After operation

Fig. 2 Structure and working principle of AHLS

전달하는 시스템의 효율이 상당히 저하될 것이다. Fig. 3(a)는 기존 시스템에서 처음으로 락 레버와 롱 링크가 접촉할 때를 나타내며, 그 때의 전달 힘의 방향은 화살표와 같다. 접촉 힘의 방향은 접촉면에 수직으로 정의됨으로 락 레버로부터 롱 링크로 전달되는 힘을 나타내는  $F$ 과 그 힘의 수평 방향과 수직 방향을 나타내는  $F_x$ 와  $F_y$ 의 관계식은 다음과 같이 정의된다.

$$F_x(t) = F(t)\sin(\theta_d(t)) \tag{1}$$

$$F_y(t) = F(t)\cos(\theta_d(t)) \tag{2}$$

여기서,

$$\theta_d(t) = \theta_0 + \theta_1(t) + \theta_2(t) \tag{3}$$

$\theta_1$ 는 전개가 진행됨에 따른 락 레버의 회전 각도이며,  $\theta_2$ 는 플레이트의 회전 각도이다.  $\theta_d$ 는 락 레버로부터 롱 링크로 전달되는 힘의 방향이 수직 축과 이루는 각도를 의미하며,  $\theta_0$ 를 초깃값으로 락 레버와 플레이트가 회전한 만큼 증가한다. 여기서 초기 각도  $\theta_0$ 는 락 레버와 롱 링크의 접촉 부의 형상으로부터 결정된다.

기존 시스템에서 전달 힘과 수직 축이 이루는 초기 각도  $\theta_0$ 는  $20^\circ$ 이며, 이에 따른 초기 전달 힘은 수평 방향보다 수직 방향으로 상당히 치우친 것으로 확인할 수 있으나, 후드를 들어올리는 과정에서 락 레버와 플레이트가 회전함에 따라 수평 방향 힘은 증가하는 반면 수직 방향 힘이 감소하는 것을 식 (1), (2)를 통해 확인할 수 있다. 이 경우, 후드를 더 높이 올리면 올릴수록, 락 레버와 플레이트는 더욱 더 회전함으로써 수직 방향의 힘은 감소할 것이고 이로 인해 힘을 전달하는 시스템의 효율이 저하되어 후드를 올리기 위해 더 많은 시간이 필요할 것이다. 이를 보완하기 위해 Fig. 3(b)와 같이 초기 각도  $\theta_0$ 가  $-20^\circ$ 가 되도록 락 레버와 롱 링크의 접촉 부의 형상을 개선할 수 있다. 이 경우, 초기의 전달 힘은 기존과 동일하게 수평 방향보다 수직 방향으로 치우친 것으로 확인할 수 있으나, 전개가 진행됨에 따라 기존과는 반대로 수직 방향 힘은 증가하는 반면 수평 방향 힘이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 이러한 락 레버와 롱 링크의 접촉 부의 구조 변경을 통해 액추에이터의 힘을 보다 효율적으로 전달할 수 있다.

#### 4. 실험을 통한 전개시간 비교

락 레버와 롱 링크 접촉 부의 구조적 보완에 따른 전개시간 향상을 검증하기 위한 실험은 초고속 카메라를 통해 분석된다. Fig. 4는 시스템이 전개될 때, 초고속 카메라를 통해 촬영된, 전개 높이에 따른 시스템의 시퀀스를 나타낸다. Fig. 4에서 확인할 수 있듯이, 실험은 시스템에 의해 후드의 전개 높이가 100 mm가 될 때까지 진행된다. 전개 높이에 따른 기존 시스템과 개선된 시스템의 전개 시간은 Fig. 5와 같이 분석된다. 기존의 시스템의 전개시간은 높이가 60 mm일 때 17 ms, 전개 높이가 100 mm일 때 61 ms이다. 반면 개선된 시스템의 전개시간은 전개높이 60 mm, 100 mm에서 각각 13 ms, 38 ms로 나타났다. 실험 결과, 개선된 구조를 갖는 시스템이 기존 시스템에 비해 모든 구간에서 더 빠른 전개시간을 갖는 것을 확인할 수 있다. 또한 전개 높이가 높아질수록 개선 전후의 전개시간의 차이가 커지는 것을 확인할 수 있다. 이는 앞서 언급하였듯이, 후드를 더 높이 올릴수록 락 레버와 플레이트의

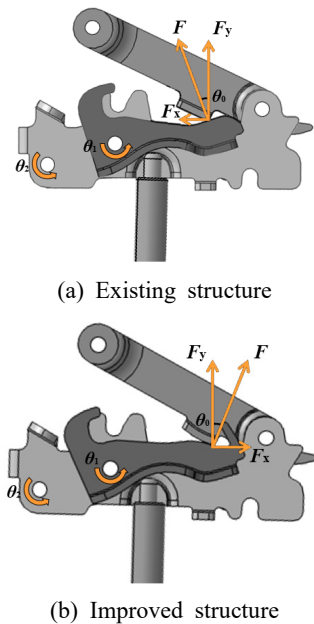


Fig. 3 Transmitted force by lock lever to long link

회전 각도가 증가하기에 전개가 진행됨에 따라 수직 방향으로 액추에이터의 힘이 잘 전달되지 않은 것이기인한다.

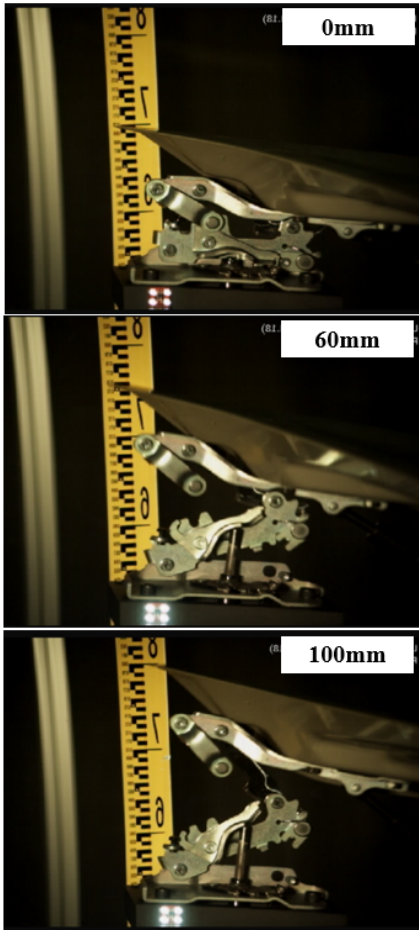


Fig. 4 Sequence photographs of performance evaluation test

EuroNcap과 같은 국제적 자동차 평가기관에서는, AHLS의 평가 기준으로 충돌하는 차량의 속도가 40 km/h일 때 보행자를 충분히 보호할 수 있는 시스템의 전개속도를 요구하고 있다<sup>(11)</sup>. 시스템의 전개 시간은 보통 가장 악조건인 어린이 보행자를 기준으로 평가되는데, 어린이 보행자의 경우 충돌하는 차량의 속도가 40 km/h일 때 다리와 범퍼의 충돌로부터 머리와 후드의 충돌까지 걸리는 시간은 60 ms 정도이나, 범퍼의 멤베레인 센서를 통한 충돌의 센싱과 차량의 ECU를 통한 신호처리 시간을 감안한다면, 요구되는 시스템의 전개시간은 30 ms 이하가 되어야 한다<sup>(12)</sup>. 결론적으로 기존의 구조에서는 국제적 평가 기준으로 생각할 수 있는 30 ms의 전개시간을 만족하기 위해 설정될 수 있는 시스템의 전개 높이는 70 mm이하로 볼 수 있으나, 개선된 구조는 80 mm이상으로 설정할 수 있다.

이는 개선된 구조가 빠른 전개시간을 바탕으로 동일한 시간 내에 후드를 보다 높이 전개할 수 있기에 보행자 머리와 엔진아래의 강성 구조물과의 충돌을 방지하는데 훨씬 용이할 것이라고 평가할 수 있다.

### 5. 결 론

이 논문에서는 화약 방식의 액추에이터를 사용하는 AHLS을 소개하고 전개시간을 지연시키는 시스템의 구조적 문제에 대한 분석을 통해, 성능 향상을 위한 구조적 설계방안을 제시하였다. 구체적 모델링을 통한 시스템의 보완 방법과 시스템의 전개시간을 실험적으로 비교하여 분석하였다. 개선된 모델을 통해 전개시간이 향상되는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 개선된 구조가 보행자 머리의 충격흡수에 보다 용이할 것으로 평가할 수 있었다. 향후 연구로써 시스템의 안전성과 성능 향상을 위해, 전개 시간을 감소시키기 위한 각 요소의 구조적인 최적화가 추가적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

### References

(1) Grubb, G., Zelinsky, A., Nilsson, L. and Rilbe, M., 2004, 3D Vision Sensing for Improved Pedestrian Safety, In Proc. IEEE Intell. Veh. Symp., pp. 19~24.  
 (2) Tarak, G. and Mohan, T., 2007, Pedestrian

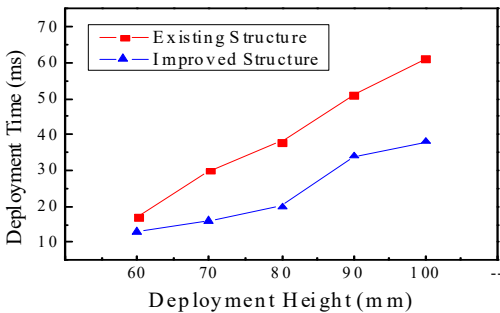


Fig. 5 Test result on deployment time of AHLS

Protection Systems: Issues, Survey, and Challenges, IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems Vol. 8, No. 3, pp. 413~430.

(3) Song, H. J., Woo, D. and Choi, S. B., 2006, Dynamic Characteristic Analysis of MR Impact Damper for Vehicle System, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 7, pp. 754~761.

(4) Teng, T. L. and Ngo, V. L., 2012, Redesign of the Vehicle Bonnet Structure for Pedestrian Safety, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, Vol. 226, No. 1, pp. 70~84.

(5) Fredriksson, R., Håland, Y. and Yang, J., 2001, Evaluation of a New Pedestrian Head Injury Protection System with a Sensor in the Bumper and Lifting of the Bonnet's Rear Part, SAE Technical Paper Series, Society of Automotive Engineers, 131.

(6) Strittmatter, J., Gümpel, P. and Zhigang, H., 2009, Long-time Stability of Shape Memory Actuators for Pedestrian Safety System, J. Achiev. Mater. Manuf. Eng., Vol. 34, No. 1, pp. 23~30.

(7) Shin, M., Park, K. and Park, G., 2008, Design of the Active Hood Lift System Using Orthogonal Arrays, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, Vol. 222, No. 5, pp. 705~717.

(8) Oh, C., Kang, Y. and Kim, W., 2008, Assessing the Safety Benefits of an Advanced Vehicular Technology for Protecting Pedestrians, Accident Analysis and Prevention, Vol. 40, No. 3, pp. 935~942.

(9) Nagatomi, K., Hanayama, K., Ishizaki, T., Sasaki, S. and Matsuda, K., 2005, Development and Full-scale

Dummy Tests of a Pop-up Hood System for Pedestrian Protection, Proceeding of the 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, 05-0113.

(10) Lee, T. H., Yoon, G. H. and Choi, S. B., 2016, A Study on Deploying Time of Active Hood Lift System of Passenger Vehicles with Principal Design Parameters, Transactions of the Korean society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 26, No. 1, pp. 63~68.

(11) Euro NCAP, 2015, Pedestrian Testing Protocol-testing-protocol Version 8.2, European New Car Assessment Programme.

(12) Lee, K., Jung, H. and Bae, H., 2007, The Study on Developing Active Hood Lift System for Decreasing Pedestrian Head Injury, In: 20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, 07-0198.



**Seung-Bok Choi** received the B.S. degree in Mechanical Engineering from Inha University in 1979, M.S. degree and Ph.D. degrees from Michigan State University in 1986 and 1990, respectively. He is currently Dean of the Graduate School and fellow professor in Inha University. He is a fellow of NAEK(National Academy Engineering of Korea), KAST(The Korean Academy of Science and Technology). His research interests are robust controller design and control of various systems using smart actuators.