

걸윙도어 속업쇼버의 최적설계

Optimum Design for Shock Absorber of Gullwing Door

장영진[†] · 이상범* · 임홍재**

Y. J. Jang, S. B. Lee, H. J. Yim

Key Words : Gullwing Door(걸윙도어), Shock Absorber(충격흡수기), Stiffness(강성), Vibration(진동), Damper(댐퍼) SQP(Sequential Quadratic Programming).

ABSTRACT

In this paper, a design optimization technique is presented for determining the stiffness and the damping coefficient of the shock absorber that is used in the Gullwing door system of passenger car. The contact force between the shock absorber and stopper link, when the door is opened, is set up as objective function, and the stiffness and the damping coefficient are set up as design variables. ADAMS optimization module (SQP method) is applied in the design optimization process. This study shows that the stiffness and the damping coefficient of the shock absorber can be effectively determined in initial design stage of the Gullwing door.

기호설명

- m : 질량
- c : 감쇠계수
- k : 강성계수
- w : 진동수
- w_n : 고유진동수
- TR : 전달계수
- ζ : 감쇠비

1. 서론

일반적인 자동차 도어의 개폐 방식과 달리 도어가 상하로 열리는 방식의 도어를 걸윙도어(gullwing door)라 한다. 걸윙은 도어를 열었을 때 마치 갈매기 날개와 같은 형상으로 펼쳐진다고 해서 붙여진 이름이다. 차체가 낮은 모델에 적용하여 좁은 공간에서 문을 열기 편리한 점은 있으나 일반적으로 기능보다는 디자인을 위해 걸윙도어를 선택하는 경우가 많다.

세계 최초의 걸윙도어 자동차로는 1954년 발표된 벤츠 300SL을 들 수 있다. 300SL은 슈퍼라이트(super light)를 의미하는 SL이라는 경량의 합금 차체와 항공기술에 이용되는 튜브 스페이스 프레임(tube space frame)이라는 새로운 새시를 채택 하였는데 새시 구조상 강성이 확보되지 않아 일반 도어를 사용하기 어려워 걸윙도어를 고안하였다.

걸윙도어가 일반 대중적인 양산차에 적용된 것은 약 10여년 전에 최초로 도요타의 소형 스포츠 쿠페인 '세라'가 대각선으로 들어 올리는 방식의 걸윙도어를 채택한 적이 있다.

[†] 국민대학교 자동차공학전문대학원
E-mail : throttle@kookmin.ac.kr
Tel : (02) 914-8812, Fax : (02) 910-4718

* 국민대학교 기계자동차공학부

** 국민대학교 기계자동차공학부

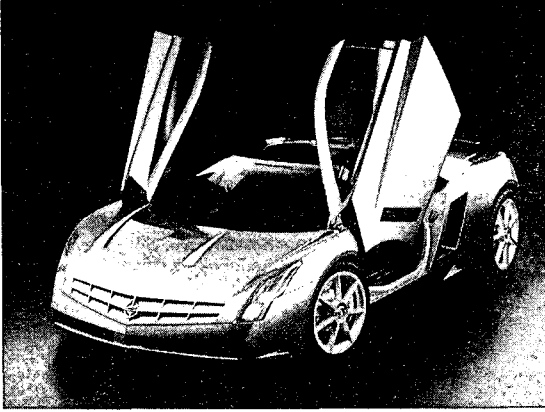


Fig. 1 Vehicle model with Gullwing doors

본 논문에서는 걸림도어를 열 때 도어의 충격을 흡수하고 더 이상 열리지 않게 역할을 하는 충격흡수용 속업쇼버의 강성 및 감쇠를 다물체 동역학해석 프로그램인 ADAMS의 연속이차근사계획법(SQP : sequential quadratic programming) 이용하여 최적설계 하였다.

2. 걸림도어 동역학 모델링

Fig. 1은 캐딜락에서 개발한 걸림도어 장착 차량을 보여 주고 있다.

본 연구에서 걸림도어 동역학 모델링은 범용 다물체 동역학해석 프로그램 ADAMS를 이용 하였으며 2자유도의 모델을 모델링하고 Fig. 2에 나타내었다.

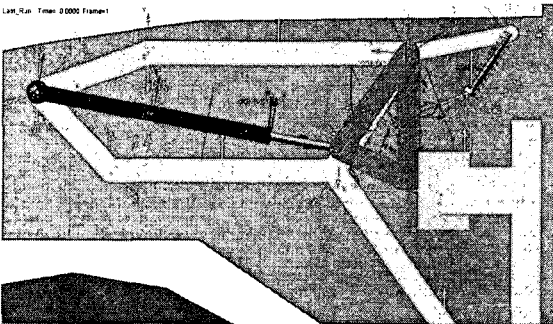


Fig. 2 Dynamic model of Gullwing door

걸림도어의 개폐 장치에 들어가는 가스 속업쇼버는 2 도어 차량의 경우 50kg정도의 도어를 상하로 짧은 시간에 움직이게 할 수 있도록 초기하중을 가한다. 이에 따라 도어를 열 때 멈추는 부분에 충격이 커서 속업쇼버를 설치하여 충격을 흡수하게 하였다.

도어 및 글라스, 걸림링크(gullwing link) 장치의 질량과 가스 속업쇼버의 제원을 Table. 1에 나타내었다.

Table 1 Design specification of Gullwing door

도어 질량	40 kg
글라스 질량	5 kg
힌지 질량	1 kg
도어 부착부 질량	3 kg
가스 속업쇼버 초기하중	323.1 kg
가스 속업쇼버 설정길이	48.23 cm
초기하중상태의 길이	41.49 cm
도어 전개시간	2 sec
도어 닫는 힘	7 kg

3. 걸림도어의 충격흡수용 속업쇼버 설계

걸림도어 메커니즘에서 부드럽고 신속한 도어 작동을 위해서는 도어 열림시 열림 충격을 흡수하는 속업쇼버의 강성 및 감쇠계수가 매우 중요하다.

식 (1)~(4)는 충격 흡수장치의 전달력 및 전달계수에 관한 운동방정식이다

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t) \quad (1)$$

$$F_t = \sqrt{(kX)^2 + (c\omega X)^2} = kX\sqrt{1 + \left(\frac{2\xi\omega}{\omega_n}\right)^2} \quad (2)$$

$$X = \frac{F_0/k}{\sqrt{[1 - (\omega/\omega_n)^2]^2 + [2\xi\omega/\omega_n]^2}} \quad (3)$$

$$TR = \left| \frac{F_T}{F_0} \right| = \sqrt{\frac{1 + (2\xi\omega/\omega_n)^2}{[1 - (\omega/\omega_n)^2]^2 + [2\xi\omega/\omega_n]^2}} \quad (4)$$

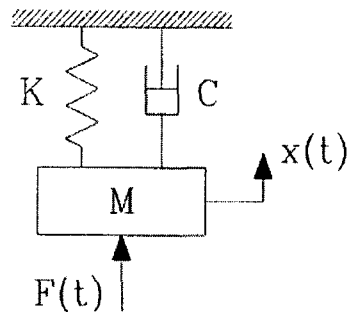


Fig. 3 Shock absorber modelling

충격 흡수용 속업쇼버의 강성과 감쇠계수가 적절하지 않으면 걸림도어 작동 가스 속업쇼버의 하중이 Fig. 4처럼 진동을 일으키며 가스 속업쇼버 진동으로 인하여 도어가 완전히 열린 후 도어의 위치도 Fig. 5처럼 흔들린다.

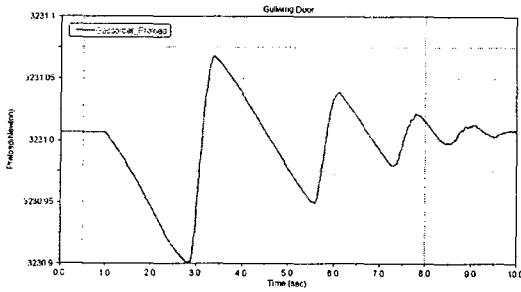


Fig. 4 Gas shock absorber preload

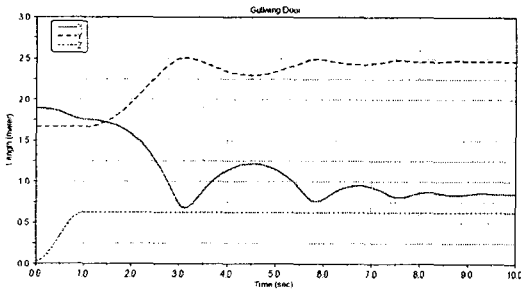


Fig. 5 Displacement of door

이에 본 논문에서는 도어 열림시 충격을 효과적으로 흡수하는 속업쇼버의 강성 및 감쇠계수를 최적설계하기 위하여 범용 다물체 동역학해석 프로그램 ADAMS의 SQP(sequential quadratic programmin)방법을 이용하여 최적설계 하였다.

Find : x_i

Maximize : Contact Force (5)

Subject to : $x_l < x_i < x_u$

설계변수는 충격 흡수용 속업쇼버의 강성 및 감쇠계수로 설정하였고 목적함수는 충격 흡수용 속업쇼버와 걸림링크의 접촉력(contact force)으로 하였다.

Fig. 6 ~ 9는 각각 최적설계 결과를 보여주고 있다.

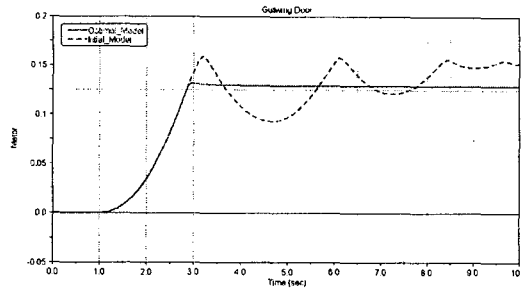


Fig. 6 Deformation of Gas shock absorber

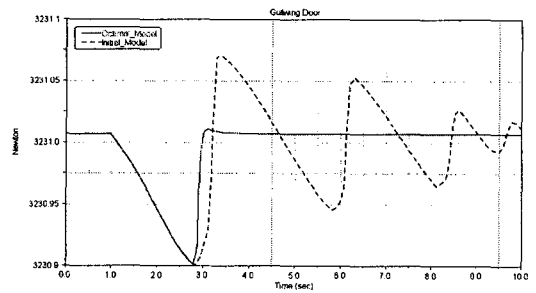


Fig. 7 Gas shock absorber preload

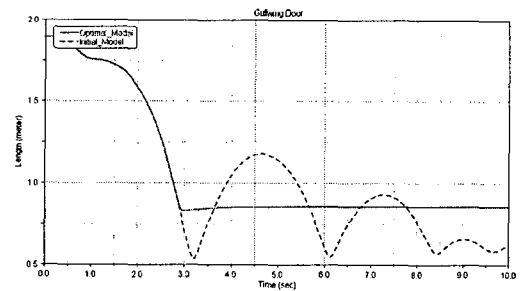


Fig. 8 X-direction displacement of door

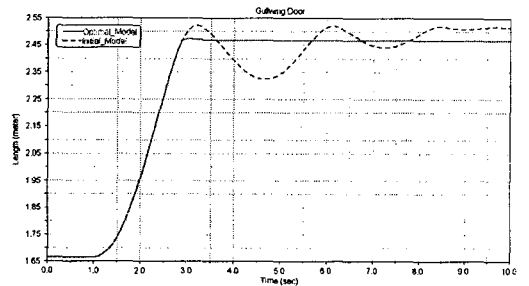


Fig. 9 Y-direction displacement of door

4. 결론

본 논문에서는 걸림도어를 동역학 프로그램에 적용하여 걸림도어 열림 충격흡수용 속업쇼버에 걸리는 충격을 시뮬레이션을 통해 예측하고 충격흡수용 속업쇼버의 강성 및 감쇠계수를 다물체 동역학 해석 프로그램 ADAMS의 SQP(sequential quadratic programming)방법을 이용하여 최적설계 하였다.

그 결과 가상모델 최적설계를 이용하여 실제 모델의 개발 단계에서 범하는 시행착오를 줄여 걸림도어 메커니즘의 성능을 예측하고 좀 더 효율적으로 개선 할 수 있었다.

후 기

본 연구는 2005년도 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

참 고 문 헌

(1) 박재우 등, 1999, "고무 부시 형태의 자동차의 충격흡수기 마운트 설계", 추계학술대회논문집, 한국소음진동공학회, pp.527~532.

(2) 김효준 등, 2002, "고충격 발생기구의 완충시스템 해석", 한국소음진동공학회논문집, 제 12권 5호, pp.389~396.

(3) 양용진 등, 2001, "충격/진동 절연을 위한 탄성 마운트 최적설계" 춘계학술대회 논문집, 대한조선학회, pp.298~302.

(4) 강형택 등, 2003 "실험을 통한 핀타입(Pin-Type) 강제이력댐퍼의 거동특성연구", 추계학술대회논문집, 한국소음진동공학회, pp.257~262

(5) ADAMS Users Manual Ver. 12.0, 2002, Mechanical Dynamics Inc.

(6) T. Ioi and K. Ikeda, 1978, "On the Dynamic Vibration Absorber of the Vibration System", JSME International Journal : Bulletin of the JSME, Vol. 21, No, 151, pp.64~71.

(7) D. McKillip, 2005, "Experimental Method Development for Steering Wheel System Optimization With Integral Dynamic Tuned Absorber", Society of Automotive Engineering, 2005-01-2275.