

MR 댐퍼를 이용한 구급차의 환자용 Bed Stage 설계 및 제어

Design and Control of Bed Stage for Patient Compartment of Ambulance Using MR Damper

최승복† · 채희동‡

Seung-Bok Choi and Hee Dong Chae

Key Words : Bed Stage(베드 스테이지), Magnetorheological Fluid (MR 유체), MR Damper (MR 댐퍼), Sky Hook Control (스카이훅 컨트롤)

ABSTRACT

This paper proposes a new bed stage system for vibration attenuation in patient compartment of ambulance. The bed stage which consist of four MR dampers can isolate vibration in the vertical, rolling and pitching directions. After evaluating dynamic characteristics of MR damper, 1/4 bed stage model is formulated. The sky hook controller is then utilized for vibration control. Finally, control responses of the bed stage equipped with MR dampers are presented.

1. 서 론

구급차는 부상당한 환자를 빠르게 병원으로 운송하고 또한 환자 운송 중 응급처치를 실시 할 수 있는 중요한 운송 수단이다. 일반적으로 구급차로 운송되는 환자들은 대부분 중환자인데 이러한 환자들은 작은 진동에 민감하다. 하지만 구급차 운행시 도로의 표면 거칠기, 과속방지턱, 커브 등에 의하여 진동이 발생하고 이러한 진동은 환자들에게 2차 피해 혹은 구급차 내에서 환자의 응급처치 시 어려움을 야기한다. 이 연구의 목적은 환자가 누워있는 공간뿐만 아니라 응급조치를 취하는 의사의 공간의 진동을 제어할 수 있는 장치를 설계하는 것이다. 따라서 외부의 영향으로 인한 상하진동, 롤 각도 또는 피치 각도가 발생하였을 때 이러한 신호를 제어할 수 있는 베드스테이지 시스템을 제안한다. 4개의 MR댐퍼로 구성되어 있는 반 능동 베드스테이지 시스템은 외부신호에 따라 상황에 맞는 전류를 인가

하여 다양한 상황에서의 진동을 효과적으로 제어할 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 외부 진동으로부터 요구되는 댐핑력을 고려하여 베드스테이지에 사용되는 MR댐퍼를 먼저 설계하고 제작하여 실험을 통하여 MR댐퍼의 성능을 평가한다. 여기서 요구되는 댐핑력은 일반적인 수동 댐퍼를 설치 하였을 때의 기준으로 결정이 된다. 다음으로 두 가지 노면조건 (과속방지턱, 커브)을 고려하여 베드 스테이지의 수학적 모델을 세운다. 마지막으로 HILS 시스템을 구축하고 측정된 가진 신호 데이터를 베드스테이지 시스템에 인가하여 진동 제어 성능을 평가한다.

2. MR 댐퍼

본 연구에서는 베드 스테이지를 위한 MR 댐퍼의 개념도와 실제 제작 후의 MR 댐퍼의 모습을 Fig. 1 과 같이 나타내었다. MR댐퍼의 구조는 크게 외측 실린더, 내측 실린더 및 피스톤으로 구성되어 있는데, 피스톤을 중심으로 윗쪽인 상부 챔버와 아래쪽의 하부 챔버로 나뉘게 되고 이 챔버 사이에는 MR 유체가 채워지게 된다. 내측 실린더와 외측 실린더의 사이에는 원형 덕트가 구성되어 그 사이로 MR 유체가 흐르게 된다. 피스톤 내부에는 코일이 감겨

† 교신저자; 정희원, 인하대학교 기계공학과

E-mail : seungbok@inha.ac.kr

Tel : (032) 860-7319, Fax : (032) 868-1716

‡ 발표자; 인하대학교 대학원 기계공학과

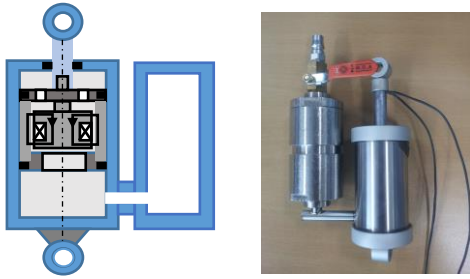


Fig. 1 Design of the proposed MR damper

져 있는데 전류를 가할 시 원형 덕트 사이에는 자기장이 생기게 되는데 원형 덕트를 지나던 MR 유체는 순간적으로 뉴토니언 유동에서 빙햄 유동으로 바뀌게 되는데 결국 이 특성으로 인하여 원형 덕트 사이에 MR유체의 유동 저항을 증가 시키게 된다. 이러한 자기장에 따른 MR유체의 유동 저항의 특성으로 인하여 연속적이고 가변적인 댐핑력을 발생시킬 수 있다⁽¹⁾. 제작된 MR댐퍼의 직경은 50mm이며, 높이는 최대 인장 상태에서 195mm, 작동 범위는 ±20mm이다.

3. 베드 스테이지

Fig. 2는 베드스테이지의 개념도로서 본 연구에서 제안한 3자유도계의 베드스테이지는 반능동형 MR댐퍼와 스프링, 그리고 스테이지로 구성되어 있다. Fig. 2에 도시한 것과 같이 구급차의 주행 시 일반적으로 상하방향, 롤 각 그리고 피치 각의 과도응답이 발생한다. 따라서 베드 스테이지에 4개의 스프링과 MR댐퍼가 모서리에 장착되어 구급차 주행 시 발생하는 과도응답을 제어한다.

4. 컨트롤러 설계

MR댐퍼에 자기장이 적정수준 이상으로 들어갈 경우 과도한 댐핑력에 의하여 오히려 차량의 성능을 저하시키게 된다. 따라서 적절한 댐핑력 인가를 위한 제어알고리즘에 의한 진동제어가 필요하다. 본 연구에서는 제어기의 사용에 따른 베드 스테이지의 제어 성능을 평가하고자 스카이hook 제어 알고리즘을 사용한다. 베드 시스템에서 도출한 요구 댐핑력을 MR댐퍼의 자기장에 의한 댐핑력으로 고려하면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$U_i = F_{MR_i} \quad (i=1,2,3,4) \quad (1)$$

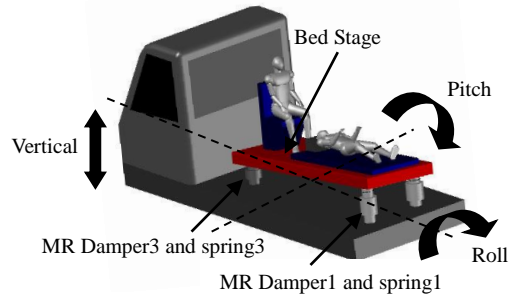


Fig. 2 Layout of patient's area of ambulance vehicle

이때 MR댐퍼는 반능동 특성이므로 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

$$U_i = \begin{cases} U_i & U_i \cdot z > 0 \\ 0 & U_i \cdot z \leq 0 \end{cases} \quad (i=1,2,3,4) \quad (2)$$

5. 결론

본 연구에서는 구급차의 진동제어를 위한 새로운 형태의 베드스테이지 시스템을 제안하고 설계하였다. 이를 위해 베드스테이지에 사용되는 MR댐퍼를 먼저 설계하고 제작하였으며 제안된 MR댐퍼를 적용한 베드스테이지의 상세 설계를 수행하였다. 설계된 베드스테이지는 구급차의 운행시 발생하는 과도응답을 충분히 제어할 것으로 기대되며, 이미 제작된 MR댐퍼의 성능을 실험을 통하여 평가 할 예정이다. 또한 1/4 베드 스테이지의 모델을 구성하여 HILS를 통한 제안된 베드 스테이지의 진동 제어 성능을 평가할 예정이다.

후 기

이 논문의 일부는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0015090)

참 고 문 헌

- (1) Choi S. B., Lee H. S., Park Y. P., 2002, "H ∞ Control Performance of a Full-Vehicle Suspension Featuring Magnetorheological Dampers", Vehicle System Dynamics, Vol. 38, No. 5, pp.341-360