

특허분석 결과를 활용한 새로운 전기기계 브레이크의 발명

한 인 환^{*1)} · 박 상 일²⁾

홍익대학교 기계정보공학과¹⁾ · 홍익대학교 대학원²⁾

The Invention of New Electro-Mechanical Brake Calipers Utilizing Patent Analysis Results

Inhwan Han^{*1)} · Sangil Park²⁾

¹⁾Department of Mechano-Informatics & Design Engineering, Hongik University, Chungnam 339-701, Korea

²⁾Graduate School, Hongik University, Chungnam 339-701, Korea

(Received 30 May 2006 / Accepted 1 July 2006)

Abstract : Within the framework of brake-by-wire technology, this paper presents five types of novel models of electro-mechanical disk brake calipers with self-servo mechanism which provides self-servo effect of boosting a friction force generated between the brake pad and the rotor disk surface. The models have been developed utilizing patent map analysis results of previous invents of electro-mechanical brake calipers. The feasibility of the developed motor-driven brake caliper models have been validated through the dynamic simulation analysis. Among the developed models, the caliper mechanism with separated pressure plate was designed especially in detail and was made as a pilot. The pilot caliper has been installed on the simple test bed constructed with domestic passenger car brake components, and its function and effectiveness have been validated through several types of experimental tests.

Key words : Brake-by-wire(BBW), Electro-mechanical brake(EMB), Patent map(특허맵), Motor-driven brake(모터 구동 브레이크), Self-servo(자기 배력), Separated pressure plate(분리형 가압판)

1. 서 론

X-by-Wire(XBW)라는 차량 시스템의 전자 제어 틀 안에서, 제동 시스템의 핵심 기술은 입력부와 출력부 사이에서 기계적인 혹은 유압 관로에 의한 연결을 배제하고 전기 신호로만 연결되는 Brake-by-Wire(BBW) 부문이다. Electro-Hydraulic Brake(EHB)와 Electro-Mechanic Brake(EMB)로 구분할 수 있는 BBW 기술은 브레이크 페달력을 측정하고 이를 전기신호로 변환하여 각 바퀴에 장착된 유압 실린더나 전기 모터를 구동하며 이 때 제동 가압력을 측정하여 피이드백 제어를 활용하게 된다.

현재, 브레이크 제품 기술은 BBW의 1단계 기술이라고 할 수 있는 EHB까지 개발되어 왔으나, 개발비와 차량에의 적용에 따르는 제반 비용이 과도하여 상용화에 어려움을 겪고 있다. 결국, EHB는 EMB로 가는 과도기적 시스템으로 역할을 이내 마치고, EHB보다 한 단계 발전된 EMB가 본격적으로 시장에 등장할 전망이다.¹⁾

최초의 BBW 차량의 실용화는 2002년 Benz SL500과 E-Class 차종에 EHB가 기본 장착됨으로 시작되었다. 해외 여러 브레이크 관련 업체 중에서 Continental Teves와 Robert Bosh가 EMB 개발에서 크게 앞서가고 있으며, 실제 EMB를 차량에 장착하

*Corresponding author, E-mail: ihhan@hongik.ac.kr

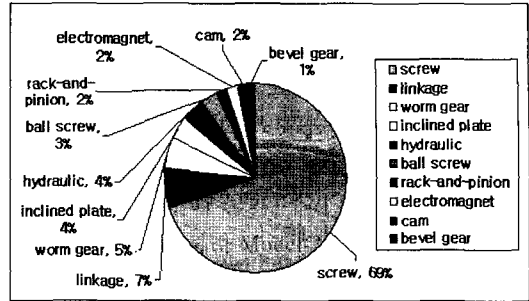
는 단계에 이르고 있다.²⁾ 다만, 브레이크 구동 모터 종류의 적절한 선정과 용량 등의 문제와 차량 전원이 본격적인 42V로 바뀌는 발전 단계에 맞추어 2010년경에 EMB가 본격적으로 실용화 될 것으로 전망되고 있다.³⁾ 이처럼 해외에서는 많은 연구가 이루어지고 일정 부분 실용화 단계에 이른 상태이지만, 우리나라의 경우에는 관련 연구 및 개발 실적이 미미한 상황이다.⁴⁾ 그러나, 자동차 업체를 비롯한 관련 전문가들은 EMB 기술 개발의 시급성을 충분히 인지하고 있다.

본 논문에서는 EMB 기술 관련 국내의 특허 자료들을 수집, 분석하여 도출한 관련 기술 개발 동향과 EMB 기구 발명 착안 사항들을 제시한다. 도출된 설계 개념에 근거하여 EMB 시스템 개발 과정에서 가장 기본적이라고 볼 수 있는 몇가지 새로운 EMB 캘리퍼 기구들을 발명하고 이들에 대한 동역학 시뮬레이션 해석을 수행한다. 또한, 발명 기구들 중에서 한 가지를 선정하여 시작품을 실제 제작하고, 제동 기능이 효과적으로 작동함을 확인한다.

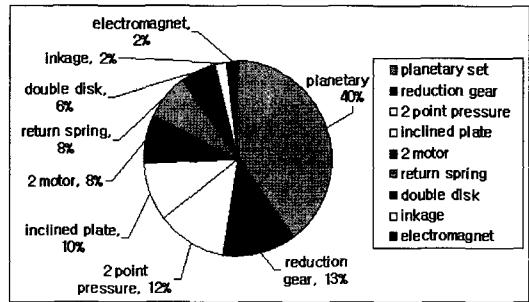
2. EMB 특허 분석 및 발명 착안 사항

기존의 특허를 회피한 새로운 전기기계 브레이크 캘리퍼를 개발하기 위하여 선행기술 분석이 필요하다. 선행된 특허 정보에서 EMB 캘리퍼 기술 개발 동향 및 관련 기술의 핵심적 사항을 확인 할 수 있어, 개발 기간의 단축은 물론 관련 기술 수준을 향상시키는 효과를 기대할 수 있다. 본 논문에서는 EMB 기술에 대한 국내의 특허정보를 KIPRIS(Korea Industrial Property Rights Information Service), USPTO (United States Patent and Trademark Office)를 통하여 수집하였으며, 분석방식은 기술정보 특허맵(테크노맵) 방식을 사용하였다.

본 논문의 사전 정보 수집에 있어서 대상을 1986년에서부터 2005년까지의 국내 및 미국의 공개 특허로 하였다. 기술 관련 내용은 미국출원과 국내 출원이 대동소이 하므로 미국출원 특허의 경우 우선권 지정된 특허 중 한국에도 출원된 특허는 대응특허로서 한국출원 특허로 대체하였다. 선별결과 전체 80건 중에서 공개등록(75건), 취하등록(5건)이며,



(a) Motion Transformation



(b) Booster

Fig. 1 The analysis results of EMB patent applications

전체 공개 특허 중에서 우선권지정 특허는 58건으로 조사되었다.

관련 특허들을 살펴보면, EMB 캘리퍼 기구부에서 일련의 공통적인 구조를 파악할 수 있다. 대개의 EMB 기구부는 기본적으로 제어 가능한 모터에 의한 구동부, 회전운동을 직선운동으로 변환해주는 운동변환 장치, 부족한 제동력을 배가시키기 위한 배력 장치, 복귀 장치, 안전 장치 등으로 구성된다. 모터 회전 운동을 변환하여 패드를 가압하는데 있어서 가장 많이 사용되는 기술로는 Fig. 1에 나타나는 바와 같이 스크류에 의한 가압 방식이 2005년 현재까지 가장 많은 출원 건수를 보이고 있다. 한편, 가장 많이 사용되는 배력 기구는 유성기어를 사용한 방식이며, 최근에는 경사판 구조와 링크 구조가 새로이 채용되고 있다.

특허 분석을 통해 나타난 EMB 기구의 핵심 기술을 구동원, 운동변환 기구, 배력 기구로 나누어 볼 수 있다. 구동원으로는 리니어 모터 등이 일부 출원되고 있긴 하나 대개의 경우 회전형 모터를 주로 사용하고 있다. 회전형 모터 구동 방식은 제어

하기 용이하다는 장점이 있으나, 캘리퍼가 제동할 때 발생하는 열에 의하여 손상의 우려가 있으며 기존 유압 방식에 비해 가압력이 떨어져 별도의 배력 기구가 필요하다는 단점이 있다. 운동 변환 기구는 주로 스크류 기구가 가장 많이 사용되고 있으며, 이송의 정확한 제어가 가능하며, 피치 및 직경 조절을 통해 입력 토크 대비 출력을 조절할 수 있는 장점을 보이고 있다. 그러나 과도한 힘에 의해 스크류 기구가 잠길 수 있으며, 소음이 심하다는 등의 단점이 있다. 한편, 배력 기구로는 주 가압 동작으로 2차 가압을 유발하는 자기 배력 방식을 채용하는 모델이 증가하고 있으나 과도한 힘을 방지하는 장치가 추가로 필요 하며, 정확한 힘의 제어가 힘들다는 단점이 있다.

EMB 캘리퍼 기구들에 대한 특허 분석을 통해 아래와 같은 발명 착안 사항을 도출하였다.

- 모터 용량 보상을 위한 자기 배력 기구
- 캘리퍼 암의 직선운동을 얻기 위한 변환 방식
- 모터 과열 방지 등 안전성 확보
- 정확하고 빠른 이송
- 가압 제동 후 복구 방안

3. 새로운 EMB 기구 고안 및 개념 설계

특허 분석 결과로부터 도출된 발명 착안 사항들을 근거로 Table 1에 요약된 5가지 형태의 EMB 캘리퍼 기구들을 고안하여 발명 특허 출원 하였다.

Table 1 Types and features of invented EMB calipers

Type	Features
Separated pressure-plates	<ul style="list-style-type: none"> · Two separated pressure-plates device (wedge operated self-servo effect) · Two operating motors (securing for safety)
Hydraulic chambers	<ul style="list-style-type: none"> · Motor driven hydraulic force · No motion transformation · Hydraulically operated self-servo effect
Hydraulic chamber and linkage	<ul style="list-style-type: none"> · Motor driven hydraulic force · No motion transformation · Linkage operated self-servo effect
Ellipse cam drive	<ul style="list-style-type: none"> · Motor(with worm) driven hydraulic force · Cam drive operated self-servo effect
Alnico magnets	<ul style="list-style-type: none"> · Easy control of polarity (Alnico magnet) · No motion transformation

3.1 분리형 경사 가압판

Fig. 2는 본 발명의 설계 개념을 도출할 수 있게 한 특허 모델로서 일본 도요타 자동차에서 출원하였다. 썬기의 자기 배력 작용을 위해 패드의 X-축 방향으로 움직임을 제한적으로 가능하게 하였다. 썬기형 가압구조는 단순한 구조라는 장점을 가지나, Fig. 2에서 보여지는 것과 같은 초음파 모터를 사용하지 않는다면 제동을 유지하기 위해서는 구동 모터에 전원이 계속 인가되어야 하므로, 과부하로 인한 발열 등의 문제가 발생하게 된다. 또한, 단일 썬기 가압면을 사용하므로 패드를 가압할 때 불안정해지는 단점이 있다. 캘리퍼 기구들에서 가압판을 썬기형으로 바꿀 경우 자기 배력 효과로 인하여 큰 힘을 발휘하게 되지만, 면압 분포가 불균일하게 되면서 구조적으로 불안해진다.^{7,8)} 이를 보완하기 위하여 Fig. 3에서처럼, 가압판을 분리하여 양측에서 동시에 경사판을 밀면서 가압하는 장치를 고안하였다. 고안한 기구는 분리된 경사 가압판의 구동으로 패드를 가압하고, 디스크와의 마찰력에 의해 패드와 연결된 경사판의 자기 배력 작용을 기본원리로 하며, 2개의 모터를 사용하여 안전성을 확보할 수 있다.

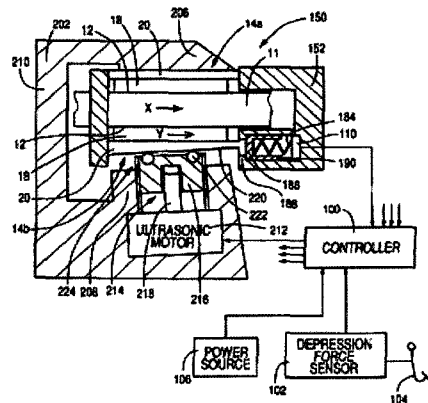


Fig. 2 Braking system including motor-driven disc brake equipped with self-servo mechanism (AN : 10-1999-7002593)⁵⁾

3.2 유체 가압 자기 배력

Fig. 4에 보여지는 유체 가압형 모델은 캘리퍼 하우징 양단에 보조 실린더를 장착하여 자기 배력을 발생한다. 제동시, 두개의 모터와 유성 기어에 의

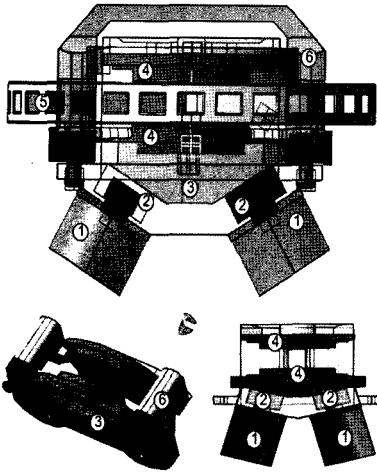


Fig. 3 The EMB caliper with separated pressure-plates⁶⁾
 ① motor ② separated pressure-plate
 ③ pad sliding device ④ brake pad
 ⑤ rotor disk ⑥ caliper housing

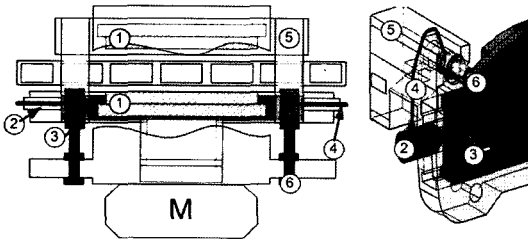


Fig. 4 The EMB caliper with hydraulic chambers⁹⁾
 ① brake pad ② inlet cylinder
 ③ pad sliding device ④ hydraulic pipe
 ⑤ caliper housing ⑥ outlet cylinder

해 주 실린더 속의 가압피스톤을 작동한다. 이 피스톤은 패드를 가압하여 디스크를 제동하게 된다. 패드와 디스크 사이의 마찰력에 의해 패드 슬라이드 기구가 이동하면서 그 힘이 캘리퍼 하우징 양단의 입력실린더로 전달된다. 그리고 입력 실린더에서 발생한 유압은 유관을 통해 출력 실린더로 전달되고, 주 실린더로 유입되어 브레이크 패드를 추가로 가압하는 자기 배력 효과를 발생시킨다. 유체 가압형 기구는 별도의 운동 변환 장치 없이 회전에너지로 직접 제동에 활용하며, 균일한 패드 가압을 보이는 장점을 가지나, 기밀 등을 유지해야 하는 등을 포함한 기존 유압 브레이크의 단점을 유지하게 된다.

3.3 링크 가압 자기 배력

유체 가압형 모델처럼 보조 실린더를 사용하는 대신 링크를 이용하여 자기 배력을 얻는 링크 가압형 모델은 드럼 브레이크의 드럼과 슈의 마찰에 의한 자기 배력 원리를 적용하였다.

Fig. 5에서 보여지는 링크 가압형 모델은 전절에서 제시한 유체 가압 모델과 동일하게 모터에 의해 주 실린더가 구동되어 패드를 가압하고, 패드와 디스크의 마찰력에 의해 패드 슬라이드 기구가 이동되면서, 패드 하우징과 연결된 링크를 회전시킨다. 링크가 회전운동을 할 때 브레이크 디스크의 축 방향 변위가 증가하여 자기 배력 효과를 얻을 수 있다. 링크와 캘리퍼 하우징 사이에는 리턴스프링이 장착되어 있어서 디스크와 패드 사이의 접촉이 해제되면 초기 위치로 복귀하는 구조를 이루고 있다. 또한, 브레이크 디스크가 반대방향으로 구동시 제동에서도 링크의 자기 배력 효과를 발생시킬 수 있으므로 양방향 모두 자기 배력 효과를 얻을 수 있다. 링크 가압형 모델은 각 패드 하우징에 2개의 링크를 구비하고 있어, 비교적 고른 면압 분포가 가능하다.

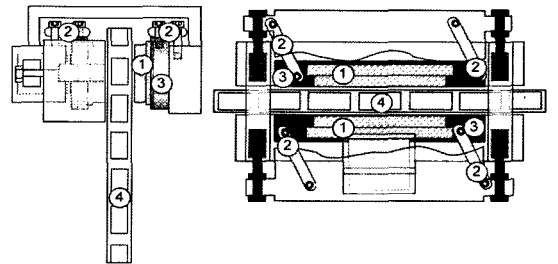


Fig. 5 The EMB caliper with hydraulic chamber and linkage¹⁰⁾
 ① brake pad ② linkage
 ③ pad housing ④ rotor disk

3.4 캠 가압 자기 배력

Fig. 6에 보여지는 캠 가압 자기 배력 모델은 캘리퍼 바디 내에 장착되어 있는 보조 실린더를 캠 기구에 의해 가압하는 구조이다. 제동시, 구동모터가 회전하고 연결된 스크루가 구동된다. 구동 스크루는 웜기어로 연결된 타원형 캠을 구동하게 되고, 물러를 통해 연결된 보조 피스톤이 가압된다. 가압된 유체는 유압실을 통해 주 피스톤을 추가 가압하여 자기 배력 효과가 발생하며, 패드를 작동하여 디스크

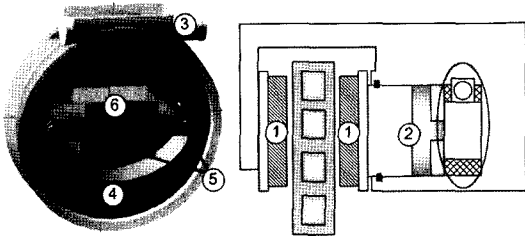


Fig. 6 The EMB caliper with ellipse cam drive¹¹⁾

- ① brake pad ② main cylinder
- ③ worm gear ④ ellipse cam
- ⑤ roller ⑥ subsidiary cylinder

를 제동하게 된다. 구동모터가 정지하는 경우 캠에 의해 보조 실린더 내부 피스톤의 위치가 고정되고, 내부 유압이 유지된다. 따라서 제동력을 유지하기 위해 모터를 계속 구동할 필요가 없다. 또한 제어부에서 구동모터의 토크를 제어함으로써 보조 실린더의 변위를 조정할 수 있으며 유압을 제어 가능하기 때문에 ABS에의 적용이 비교적 용이하며, 제동 해제 시에는 제어부의 모터를 역방향으로 구동한다.

3.5 알니코 자석 활용 자기 구동

Fig. 7은 전자석을 활용한 전기 디스크 브레이크 장치로 현대 모비스에서 출원되었으며, 본 연구에서 개발한 기구(Fig. 8)와 유사하다. 전자기력 발생부에서 발생한 힘에 의해 내측 패드를 가압하고 이와 연결된 외측 패드가 디스크를 제동한다. 제동 해

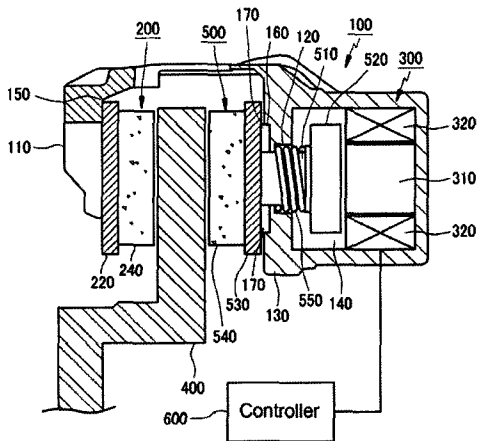


Fig. 7 The electric disk brake system using electromagnetic force¹²⁾

제는 내측 패드와 캘리퍼 바디 사이에 위치한 탄성 부재에 의해 작동된다. 그러나 전자석을 활용한 경우 전류를 지속적으로 공급해야 제동을 유지할 수 있어 발열의 요인이 된다. 또한, 복수개가 아닌 고정 설치된 한 개의 전자기력 발생부에서는 발생하는 힘의 크기에 한계가 있다. 그리고 패드가 마모되었을 때 고정 설치된 전자기력 발생부와 패드의 간격이 늘어나기 때문에 제동력은 거리의 제곱에 반비례하여 감소하므로, 패드와 전자기력 발생부의 간격을 일정하게 유지시키는 기구가 필요하다.

한편, Fig. 8의 자기 구동 모델은 알니코 영구 자석을 사용한다. 알니코 영구자석은 보자력이 낮고 알니코 영구 자석 주변에 극성 제어코일을 구성하고 전류가 인가되었을 때 코일에 발생하는 전자기장의 방향에 따라 극성이 바뀌는 특징이 있다. 전자석의 경우에는 전류가 흐르지 않을 때에는 전자기장이 사라지게 되나, 알니코 자석은 전류가 흐르지 않을 때에도 극성을 유지하고 있어 과전류에 의한 발열 등의 문제를 해소할 수 있다. 본 모델에서는 영구 자석과 알니코 영구자석을 순차적으로 배치하여 제동력을 발생하도록 하였다. 제동시에는 알니코 영구자석의 극성 제어코일에 전류를 흘려보내 영구자석의 극성의 방향과 반대 방향의 극성을 갖도록 한다. 영구자석과 알니코 영구자석의 마주보는 방향의 극성이 같기 때문에 발생하는 척력에 의해 패드를 가압하는 방식이다. 제동을 해제할 경우는 제어부에서 역방향 전류를 보내어 알니코 영구자석의 극성을 바꾸어 영구자석과 알니코 영구자석이 같은 방향의 극성을 갖게 된다. 마주보는 방향의 극성이 다르게 되므로 인력이 작용하여 패드 가압을 해제

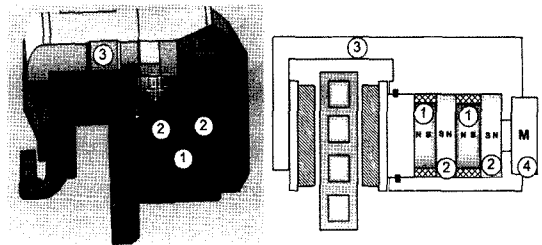


Fig. 8 The EMB caliper utilizing alnico magnets¹³⁾

- ① alnico magnet ② permanent magnet
- ③ caliper housing ④ motor

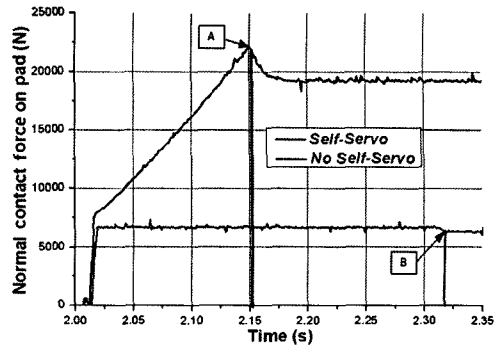
한다. 인력에 의해 제동을 해제하므로, 탄성부재가 별도로 필요 없다. 또한 브레이크 패드의 마모에 의해 브레이크 디스크와 브레이크 패드 간격의 이격이 발생되면, 제어부에서 회전형 모터를 구동시켜 디스크와 패드 사이의 간격을 일정하게 유지시킬 수 있다. 한편, 힘이 약할 경우에는 알니코 자석의 수를 늘려 자기력을 증가시킬 수도 있다.

4. 시뮬레이션 해석 및 시작품 제작

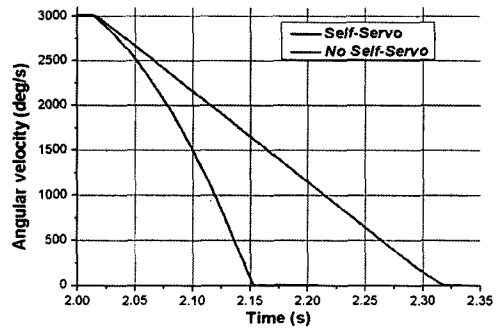
본 연구에서 고안한 캘리퍼들은 알니코 자석 활용 모델을 제외하고는 모두 CATIA로 모델링하고, ADAMS로 동적 시뮬레이션 해석을 수행하여 캘리퍼 기구로 효과적인 작동이 가능함을 확인하였다.

발명 모델들 중 제작 용이성 등을 감안하여 분리형 경사 가압판을 가진 캘리퍼 기구를 시작품 제작 대상으로 선정하였다. 이 모델에 대해서는 별도의 상세 설계가 진행되었으며, ADAMS를 활용한 동역학 시뮬레이션 해석을 엄밀하게 수행하였다. 우선, 현대자동차의 중형차 유압 브레이크 캘리퍼 구동에 대한 시뮬레이션 해석을 수행하였으며, 시속 60km/h의 속도에서 100bar의 최대 유압을 고려하였다. 해석 결과에 따르면, 제동시간은 실제와 유사한 대략 0.13초로 구할 수 있었다. 이와 같이 시뮬레이션 해석 결과들에 대한 신뢰성을 확보한 뒤, 본 연구에서 고안한 분리형 가압판 캘리퍼에 대한 해석 작업을 수행하였다. 캘리퍼의 구동원으로 정격 토크 300 Nmm BLDC 모터를 고려하였으며, 디스크 작용하중을 차량의 하중(1450kg)과 운전자 1인(70kg) 탑승 기준으로 1520kg이 전후방 휠에 균일하게 작용하는 것으로 가정하여 380kg을 적용하였다.

Fig. 9는 분리형 가압판 캘리퍼 기구의 ADAMS 시뮬레이션 해석 결과들로서 2초부터 제동을 시작하여, 브레이크 패드 접촉면에서 발생하는 수직 가압력과 브레이크 디스크의 각속도 변화를 보여주고 있다. Fig. 3에서 보여지는 분리형 경사 가압판 모델에서 자기 배력 효과가 발생하지 않도록 패드 슬라이드 기구를 고정시킨 경우를 비교하여, 발명 모델에서 활용한 자기 배력 효과의 유용성을 입증하였다. Fig. 9에서 A와 B점은 각각 자기 배력 효과가 발생할 때와 자기배력 효과가 발생하지 않는 조건에



(a) Normal contact force on the pad



(b) Angular velocity of disk

Fig. 9 Dynamic simulation results: pressure-plate model

서의 제동 완료 지점을 표시한다. 자기 배력이 작용하는 경우 제동 시간은 대략 0.14초이고, 자기 배력이 작용하지 않는 경우 제동 시간은 0.3초 정도까지 나타났다. 본 연구에서 고안한 모델처럼 자기 배력이 작동하는 경우, 제동 종료 시점까지 수직 가압력이 계속해서 선형적으로 증가하여 최대 22500N으로 나타나며 이후에는 디스크가 정지하므로 디스크와 패드와의 마찰에 의한 더 이상의 자기배력 효과 없이 다소 감소하여 일정한 수직 가압력과 제동력을 유지하게 된다. 자기 배력 효과를 활용할 수 없는 경우에는 대략 1/3에 불과한 6800N 정도의 수직 가압력이 발생하는 것으로 나타났다.

Fig. 10에 보여지는 시작품은 가능한 유압 브레이크의 기존 부품을 그대로 활용할 수 있도록 하였으며, 캘리퍼 바디와 모터 장착부, 패드 이송부분 등을 제작하고, 비교적 소형이며 제어가 간편한 BLDC 모터를 구동원으로 사용하였다. 전체 테스트 시스템은 캘리퍼 기구와 모터 제어반 그리고 작동 시험이 가능한 간이 테스트 베드로 구성하였다.

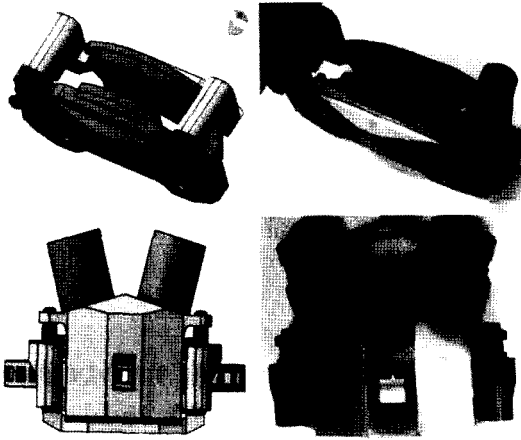


Fig. 10 The pilot caliper with separated pressure-plates

시작품 캘리퍼의 시험을 위하여 제작한 테스트 베드에 캘리퍼를 설치하고 조립 및 장착 가능 여부를 우선 확인하였다. 브레이크 디스크의 속도를 500RPM (중형 승용차 기준 약 60km/h)으로 유지하고, 캘리퍼 구동 모터를 작동하여 작동 여부와 제동 되는 디스크의 속도 변화를 측정하였다. Fig. 11에 보여지는 것처럼, 고속 카메라(FASTCAM-Rabbit)를 가지고 초당 400 프레임의 속도로 촬영하였다. Matlab을 가지고 작성한 영상 처리 프로그램을 활용하여 디스크 특정점들의 위치 변화로부터 브레이크 디스크의 시간에 따른 각속도 변화를 측정하였다. 이 각속도 그래프로부터 각가속도와 패드 수직 가압력의 간접적인 추정이 또한 가능하다.¹⁴⁾ Fig.12는 측정한 디스크의 속도 변화를 보여주고 있으며, 노이즈 데이터들을 제거하여 함께 나타내었다. 모터를 구동한 후, 패드와 디스크가 접촉하여 제동이 개시되는 시점까지는 0.12초 가량 걸렸으며, 패드와 디스크의 접촉 이후 디스크의 완전 정지까지 소요 되는 실 제동 시간은 대략 0.2초 정도이다.

5. 결론

본 논문에서는 EMB 캘리퍼 특허들에 대한 분석 결과로부터 도출한 발명 착안 사항들에 근거하여 자기 배력 효과를 활용하는 5가지의 새로운 EMB 캘리퍼 기구를 발명하였다. 캘리퍼들은 CATIA로 모델링하고 ADAMS로 시뮬레이션 해석을 수행하여, 캘리퍼 기구로서 효과적인 작동이 가능함을 확

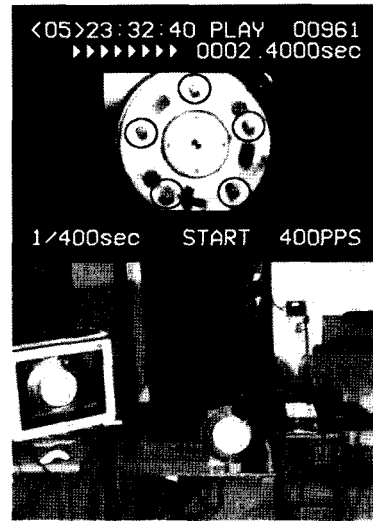


Fig. 11 Simple test apparatus for EMB caliper

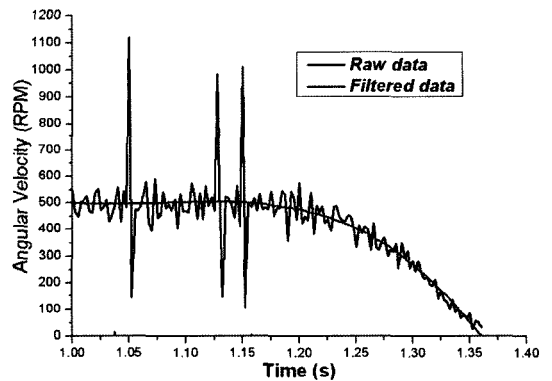


Fig. 12 Test results: angular velocity of brake disk References

인하였다. 또한, 발명 모델들 중 분리형 경사 가압판을 가진 캘리퍼 기구를 선정하여 시뮬레이션 해석과 상세 설계를 수행한 후 시작품을 제작하였다. 시작품의 자기 배력 효과를 확인하기 위하여 패드 슬라이드 기구의 운동을 제한하고 시뮬레이션 해석을 수행한 결과와 비교하여 평균 가압력은 두배 이상 그리고 제동 시간은 절반까지 감소함을 확인하였다. 별도로 제작한 간이 테스트 베드를 활용한 시험을 통하여 시작품 캘리퍼의 기본적인 작동을 확인하였으며 관련 성능들을 측정하였다.

후 기

본 연구는 현대기아자동차그룹과 (주)NGV에 의해

지원되었으며 이에 감사를 표합니다.

References

- 1) N. A. Kelling and W. Heck, "The Brake Project Centralized Versus Distributed Redundancy for Brake-by-Wire Systems," SAE 2002-01-0266, 2002.
- 2) P. Yoon, "Technology Trends and Perspectives of Brake-by-Wire System," Journal of KSAE, Vol.26, No.1, pp.21-28, 2004.
- 3) <http://www.tierone.com/brakebywireexcerpt.html>
- 4) S. Ahn and I. Han, "Development of Electro - Mechanical Calipers with Self-Servo Mechanism," Fall Conference Proceedings, KSAE, pp.1213-1218, 2004.
- 5) K. Shirai, "Braking System Including Motor - Driven Disc Brake Equipped With Self-Servo Mechanism," KIPO Patent 10-1999-7002593, 1999.
- 6) I. Han, J. Shin and K. Jeon, "Electric Mechanical Brake Device for Vehicle," KIPO Patent 10-2006-0036172, 2006.
- 7) R. Roberts, M. Schautt, H. Hartmann and B. Gombert, "Modelling and Validation of the Mechatronic Wedge Brake," SAE 2003-01-3331, 2003.
- 8) Á. Semsey and R. Roberts, "Simulation in the Development of the Electronic Wedge Brake," SAE 2006-01-0298, 2006.
- 9) I. Han, J. Shin and B. Yang, "Electric Mechanical Brake Device for Vehicle," KIPO Patent 10-2006-0036170, 2006.
- 10) I. Han, J. Shin and B. Yang, "Disk Brake Device for Vehicle," KIPO Patent 10-2006-0036171, 2006.
- 11) I. Han, J. Shin and K. Jeon, "Electric Mechanical Brake Device Using Fluid for Vehicle," KIPO Patent 10-2006-0036173, 2006.
- 12) S. Kim, "Electric Disk Brake System Using Electromagnetic Force," KIPO Patent 10-2002-003152, 2003.
- 13) I. Han, J. Shin and K. Jeon, "Disk Brake Device for Vehicle," KIPO Patent 10-2006-0036174, 2006.
- 14) R. Hoseinnezhad, S. Saric and A. Bab-Hadiashar, "Estimation of Clamp Force in Brake-by-Wire Systems: A Step-by-Step Identification Approach," SAE 2006-01-1154, 2006.