

EV의 중량 및 원가 저감을 위한 DIH 액추에이터 마운팅 타입의 전자식 주차 브레이크 개발에 관한 연구

심재훈^{*1)} · 이증희¹⁾ · 신응희¹⁾ · 황세라¹⁾ · 임원석¹⁾ · 김병철¹⁾ · 정유돈²⁾

현대자동차 사시인테그레이션팀¹⁾ · 만도 설계4팀²⁾

A Study on the Development of Electronic Parking Brake of DIH Actuator Mounting Type for the Reduction of Weight and Cost of EV

Jaehun Shim^{*1)} · Joungee Lee¹⁾ · Unghee Shin¹⁾ · Sera Hwang¹⁾ · Wonseok Yim¹⁾ · Byongcheol Kim¹⁾ · Yoodon Jung²⁾

¹⁾Chassis Integration Team, Hyundai Motor Company, 150 Hyundaiyeonguso-ro, Namyang-eup, Hawaseong-si, Gyeonggi 18280, Korea

²⁾Design Team 4, Mando Corporation, 21 Pangyo-ro 255beon-gil, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi 13486, Korea

(Received 5 February 2021 / Revised 10 March 2021 / Accepted 15 March 2021)

Abstract : The production of EV(Electric Vehicle) has rapidly increased in recent years because of its benefits to the environment. However, there have been a few problems regarding its commercialization, including its heavy weight and high cost compared to engine vehicles. Therefore, the top priority among vehicle systems, including chassis systems, is finding a way to reduce weight and cost. In this paper, a novel EPB(Electronic Parking Brake) system that will replace the existing EPB system is proposed. For this system, the high-performance actuator that is mounted on the DIH(Drum-in-hat) is newly designed. First, the two-step reduction gear is applied to the actuator to gain a high reduction gear ratio. Furthermore, we will optimize the shape of the actuator that will be mounted on the DIH in the rear wheel. By integrating the actuator with the DIH, the weight and cost of the EPB system will be remarkably reduced compared to the previous system. Second, the required performance of the developed EPB system, compared to the existing EPB system, will be verified with a variety of parts and vehicle unit tests, such as the uphill and downhill hold test, the noise test, the time test, etc. Finally, a new type of EPB system is expected to be widely used for EV and other low-cost vehicles, and will contribute to the standardization and modular design of the EPB system.

Key words : EV(전기차), Electronic parking brake(전자식 주차 브레이크), DIH(드럼 인 햇), Function analysis(기능 분석), Reduction gear(감속 기어), Hill hold(등판 유지)

1. 서론

최근 글로벌 완성차 제작사들은 기존 내연기관 차량을 대체하기 위하여 EV(Electric Vehicle) 개발 주도권을 놓고 치열한 경쟁을 하고 있다.

또한, 지속적으로 강화되고 있는 글로벌 환경 규제는 이와 같은 상황과 맞물려서 자동차 산업계 전반의 기술 혁신을 요구하고 있다. 이를 위해서 완성차 제작사들은 EV에 적합한 기술개발에 역량을 집중하고 있는 실정이다.

그러나, EV의 성공적인 상용화 안착을 위해서는 연비

규제 대응을 위한 중량 저감 및 수익성 향상을 위한 원가 저감을 동시 달성할 수 있는 기술 개발이 필수적이다.

이를 위해서 차량 전체 시스템들은 중량 및 원가 저감에 기여할 수 있는 기술 개발을 추진하고 있다.

한편, 제동시스템에 대한 안전성 및 편의성에 대한 고객의 요구는 해마다 꾸준히 증가 하고 있으며, 완성차 제작사 별로 많은 연구를 통하여 그 결과를 실용화하고 있다.

그 중에서도 EPB(Electronic Parking Brake) 시스템은 페달 및 레버 삭제에 따른 콘솔 등 실내 공간 활용 증대

*Corresponding author, E-mail: jhs4u@hyundai.com

[†]This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

라는 공간적 편의성 이외에 자동 해제 · 잠금, 언덕길 밀림 방지, 비상 제동과 같은 기능적 편의성으로 인하여 꾸준한 성장세를 보이고 있으며, 향후에도 많은 기술적 발전이 있을 것으로 예상되고 있다.¹⁻⁸⁾

또한, EV와 병합된 자율주행 기술을 고려할 때 리던던시(Redundancy) 구현에 있어 EPB 시스템의 역할이 더욱 중요시되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 자동차 산업계의 기술 동향에 대응하고자 기존 EPB 시스템의 주차 성능을 확보하면서 동시에 EV에 적합한 새로운 타입의 EPB 시스템을 제안하고자 한다.

이를 위해, 기존 EPB 시스템 대비 중량 및 원가를 저감 가능하도록 개발하여 차량의 스프링 아래 질량(Unsprung mass) 저감을 통한 차량의 연비 및 R&H(Riding and Handling) 성능 향상과 수익성 향상에 기여하고자 한다.⁹⁻¹¹⁾

2. EPB 시스템의 종류

본격적인 개발에 앞서, 일반적으로 사용되고 있는 EPB 시스템의 특징을 분석하여 컨셉 개발 과정에서 활용하고자 상세 분석을 실시하였다.

일반적으로, EPB 시스템의 종류는 아래의 Fig. 1에서 나타내고 있는 것처럼 캘리퍼 타입 EPB 시스템과 케이블 풀러 타입 EPB 시스템으로 각각 구분할 수 있다.

도시된 바와 같이 캘리퍼 타입 EPB 시스템의 경우 주 제동을 담당하고 있는 캘리퍼에 액추에이터가 장착되어 있으면서 주차시 액추에이터에 의한 주차 제동력을 발생시켜 차량을 정지시키는 방식이다.

그리고 케이블 풀러 타입 EPB 시스템은 액추에이터와 DIH(Drum In Hat)를 파킹케이블로 상호 연결한 후 주차시 액추에이터에 의한 제동력을 파킹케이블에 부과하

여 DIH의 작동 레버(Operating lever)를 작동시켜 슈(Shoe)의 확장을 통하여 차량을 정지시키는 방식이다.

두 방식에 대한 가장 큰 차이점은 캘리퍼 타입 EPB 시스템의 경우 액추에이터가 캘리퍼에 직접 장착됨으로 인하여 소음원이 외부로 노출되어 있어 작동 소음 저감 측면에서 불리하다.

반면에, 케이블 풀러 타입 EPB 시스템의 경우는 액추에이터가 차량 언더바디의 서브프레임에 장착되어 있어서 가진원이 전달계 경로를 따라서 일정 부분 흡수가 가능하게 되며, 상대적으로 작동 소음 저감에 효과적인 방식이다.

또한, 중량 및 원가 측면에서는 캘리퍼 타입 EPB 시스템이 캘리퍼에 직접 장착됨으로써, 부품 축소가 가능하게 되어 케이블 풀러 타입 EPB 시스템 대비 유리한 구조이다.

이와 같은 차이점으로 인하여 캘리퍼 일체형 EPB 시스템의 경우 중 · 소형 승용 차량에 주로 적용을 하고 있으며, 케이블 풀러 EPB 시스템의 경우는 DIH를 통한 제동력 증대가 가능하여 큰 주차 제동력을 필요로 하는 대형 차량에 주로 적용되고 있다.

본 연구에서는, 배터리 증대 및 PE 탑재 등으로 기존 내연기관 차량 대비 중량 증대 및 지속성이 요구되는 EV에 적합한 EPB 시스템 개발을 위하여 Fig. 1의 두 가지 타입의 EPB 시스템의 각 장점들을 통합한 새로운 타입의 EPB 시스템 컨셉 개발을 시도하였다.

3. EPB 시스템 설계 및 작동 원리

3.1 컨셉 개발 및 설계 결과

새로운 EPB 시스템의 컨셉 설계를 위하여 아래의 Fig. 2에서와 같이 기존 2가지 EPB 시스템에 대한 기능 분석(Function Analysis)을 실시하였다.

먼저, Fig. 2의 (a)에서와 같이 캘리퍼 타입 EPB 시스템의 기능 분석을 검토한 결과 운전자의 제동 의지에 의하여 EPB Switch를 통한 신호가 시스템 내에 입력이 되면 ECU에서 차량 구배, 필요 제동력 등의 연산을 통하여 액추에이터에서 제동력을 발생시키게 된다. 발생된 제동력은 순차적으로 액추에이터와 일체형으로 구성되는 캘리퍼의 클램핑력으로 변환되고 최종적으로 디스크를 압착하여 차량을 정지시키게 됨을 알 수 있다.

반면에, Fig. 2의 (b)의 케이블 풀러 EPB 시스템의 경우, 액추에이터가 별도의 브라켓을 통하여 서브프레임과 같은 차체에 따로 마운팅 되며, 액추에이터에서 발생한 제동력이 파킹케이블을 통하여 DIH를 거쳐 디스크에 전달되는 방식이다.

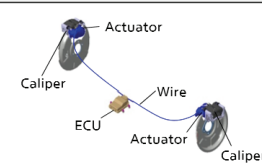
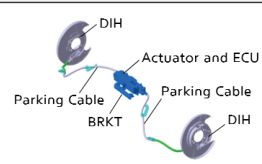
Caliper Type EPB System	Cable Puller Type EPB System
	
<ul style="list-style-type: none"> • Install actuator on caliper - Disadvantage of working noise - Disadvantage of parking performance • Need for dualization development - Normal and EPB caliper • Advantage of weight and cost 	<ul style="list-style-type: none"> • Install actuator and ESC on subframe - Advantage of working noise - Disadvantage of underbody package • Using existing DIH - Advantage of parking performance • Disadvantage of weight and cost

Fig. 1 Variation of EPB(Electronic Parking Brake) system

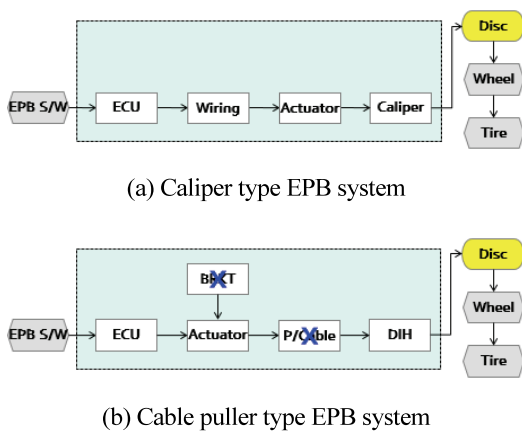
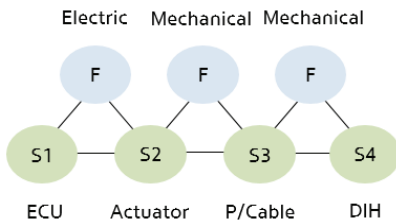
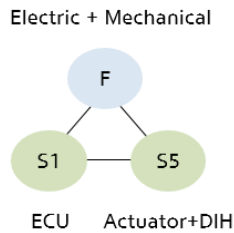


Fig. 2 Function analysis for existing EPB systems



(a) Substance-Field analysis for cable puller type EPB system



(b) Substance-Field analysis for New EPB system

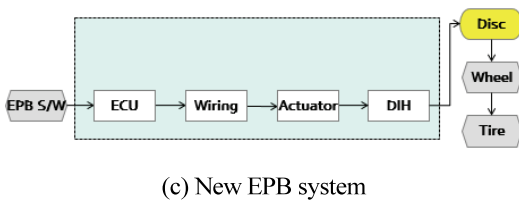


Fig. 3 Substance-field model analysis for new EPB system concept

본 연구에서는, 앞서 언급한 EV의 중량 증대 및 차량 정숙성을 고려하여 새로운 EPB 시스템의 기능 분석시 케이블 풀러형 EPB 시스템의 장점인 제동력 증대 및 작동 소음 저감 효과를 유지하면서 동시에 단점인 브라켓 및 파킹케이블을 트리밍(Trimming)하여 시스템의 구조적인 효율성을 향상시켜 중량 및 원가 저감 효과를 극대화하고자 하였다.

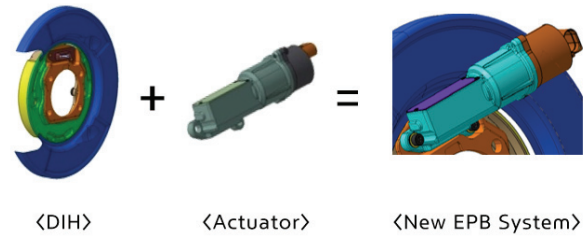


Fig. 4 Design result for new EPB system mounted actuator to DIH

한편, Fig. 3의 (a)와 (b)는 케이블 풀러 EPB 시스템과 새로운 EPB 시스템과의 물질-장 모델 분석 결과를 각각 나타내고 있다.

Fig. 2의 기능 분석을 수행한 후 순차적으로 물질-장 모델 분석을 실시하는 이유는 트리밍 후 발생한 시스템의 전체적인 불완전성 문제를 다시 완전한 상태로 구성하기 위함이다.

Fig. 3의 (a) 케이블 풀러 EPB 시스템은 트리밍 및 물질-장 분석을 통하여 Fig. 3의 (b)와 같이 새로운 물질-장 모델로 나타낼 수 있다.

도시된 바와 같이, 액추에이터를 DIH에 바로 직결하도록 하였으며, 이를 통해서 캘리퍼 타입 EPB 시스템과 같은 부품수 축소를 구현함과 동시에 케이블 풀러 EPB 시스템의 DIH를 표준화하여 활용할 수 있도록 함으로써 제동력 향상을 구현할 수 있도록 하였다.

최종적으로 상세 설계를 마친 새로운 EPB 시스템에 대하여 Fig. 4에 도시하였다. 도시된 바와 같이, 기능 분석 및 물질-장 모델 분석을 통해서 도출된 결과를 기반으로 액추에이터가 DIH와 직접 마운팅 되는 방식으로 설계됨을 나타내고 있다.

3.2 상세 작동 원리

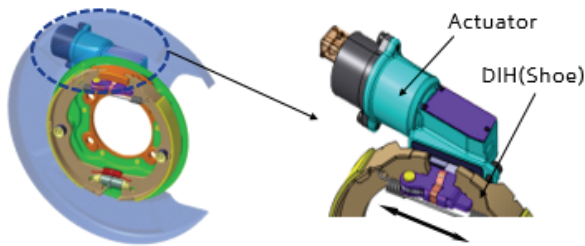
아래의 Fig. 5의 (a)에서부터 (c)는 3.1의 분석을 통하여 새롭게 개발된 EPB 시스템의 상세 작동 원리를 나타내고 있다.

먼저 Fig. 5의 (a)는 액추에이터에 의해서 발생된 제동력이 DIH의 작동 레버에 인가되어 슈를 확장하여 차량을 정지시키는 원리를 나타내고 있다.

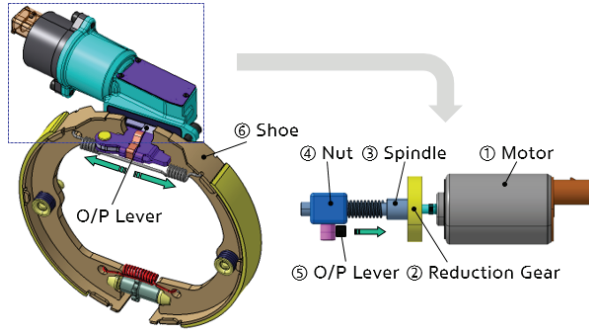
여기서, 좀 더 상세한 해설을 위하여 Fig. 5의 (b)에 구체적인 작동 원리를 도시하였다.

도시된 바와 같이 모터, 감속기, 스프링 등으로 구성되어 있는 액추에이터가 하우징내에 구성되어 DIH에 장착되어 있다. 그리고 액추에이터가 DIH의 작동 레버와 최종적으로 상호 연결 상태를 이루고 있게 된다.

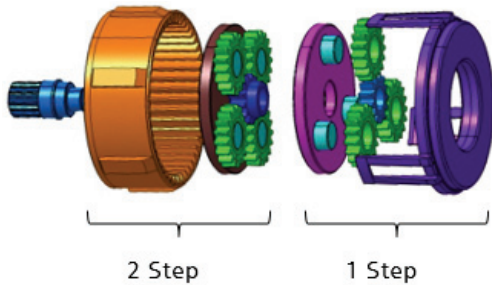
모터의 토크는 감속기를 통하여 증폭되며, 증폭된 토



(a) Assembly diagram of actuator and DIH



(b) Working Mechanism of braking force transmission



(c) Reduction gear

Fig. 5 Working mechanism for New EPB system

크는 감속기에 연결되어 있는 스피들을 회전시키면서 스트로크를 발생하게 된다. 한편, 스피들의 끝단은 너트와 함께 구성되어 있으며, 너트는 스피들의 스트로크 발생에 의하여 좌·우로 이동하게 된다.

그리고 최종적으로 DIH의 작동 레버를 당기면서 순차적으로 슈의 확장을 통하여 차량을 정차시키게 된다.

여기서, Fig. 5의 (c)는 액추에이터에 적용된 감속기의 상세 구조를 나타내고 있으며, 2단 유성 기어(Planetary gear)를 사용하여 제동력을 증대시킬 수 있도록 하였다.^{10,11)}

4. 개발 효과 분석

3장의 최종 설계를 반영한 새로운 EPB 시스템에 대한 차량 단위의 전체 구성도를 아래의 Fig. 6에 도시하였다.

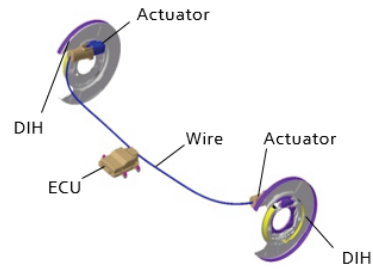


Fig. 6 New EPB system integrated actuator

도시된 바와 같이 새로운 EPB 시스템은 2장의 Fig. 1의 두 EPB 시스템에 대한 장점들을 효과적으로 활용하여 구성됨을 알 수 있다.

다시 한번 정리하면, 기존의 케이블 풀러 EPB 시스템의 경우 액추에이터가 서브프레임 상단에 장착되는 반면에 본 연구에서 제안된 방식은 액추에이터가 DIH에 직접 장착되게 구성하여 부품수를 캘리퍼 타입 EPB 시스템과 동등하게 구성할 수 있으며, 작동 소음도 EV에 걸맞는 정숙성을 확보 할 수 있도록 하였다.

이와 같은 새로운 EPB 시스템 구성을 통하여 기존의 캘리퍼 타입 및 케이블 풀러 타입 EPB 시스템의 장점들을 모두 구현할 수 있게 되며, 그 효과는 다음과 같다.

첫째, 언더바디 서브프레임 상단의 액추에이터 마운팅 삭제가 가능하여 차체 단차 방지 및 트렁크 공간 극대화 가능하다.

둘째, 파킹케이블 삭제를 통하여 언더바디 패키지를 향상시킬 수 있다.

셋째, DIH를 활용한 비캘리퍼 타입으로 주차 제동력을 극대화할 수 있다.

넷째, NVH 성능 관련 일원화 개발이 가능하여 추가적인 개발 일정이 소요되지 않는다.

다섯째, 캘리퍼에 액추에이터 장착이 불필요하여 추가적인 소요액량 발생을 막을 수 있다.

여섯째, 고성능 및 고급 차량의 모노블록 캘리퍼 적용에 대응 가능한 EPB 시스템 구현이 가능하다.

끝으로, 기존 대비 EPB 시스템의 중량 및 원가 저감이 가능하다.

Table 1 Characteristic Comparison among EPB systems

	Caliper Type EPB System	Cable Puller Type EPB System	New EPB System
Parking Performance	○	⊙	⊙
Noise	○	⊙	⊙
Underbody Layout	⊙	△	⊙
Weight	⊙	△	⊙
Cost	⊙	△	⊙

5. 평가 검증

5.1 Hill Hold 평가

본 연구 결과의 실용성 확인을 위하여 새로운 EPB 시스템을 실차에 장착하여 주차 성능을 검증하였다.

Hill hold 성능 평가의 신뢰성 확보를 위해서 차량 중량은 최대 G.V.W를 갖는 대형차의 G.V.W를 반영하여 평가를 수행하였다.

평가 결과 범규 요구 조건인 20 % 이상 Up/down hill 조건에서 차량의 끌림이나 밀림 등이 없으면서 차량의 자세 유지를 하였으며, 최종적으로 주차 성능이 기존 EPB 시스템 동등 수준으로 만족함을 확인하였다.

또한, 디스크를 압착하는 캘리퍼 타입 EPB 시스템은 가혹 제동 후 디스크의 팽창 상태에서 주차를 수행하였을 때, 디스크 냉각에 따른 제동력이 점진적으로 감소할 수 있다는 우려가 있는 점에 비하여, DIH를 압착하는 새로운 EPB 시스템은 이와 같은 우려를 구조적으로 차단할 수 있는 추가적인 장점을 갖고 있다.

아래의 Fig. 7은 Up/down hill에서의 주차 성능 평가 개념도를 나타내고 있다.



Fig. 7 Test results for up and down hill hold

5.2 작동 소음 평가

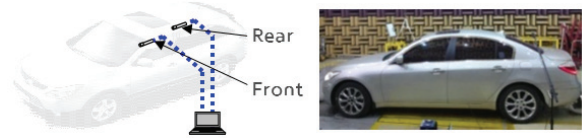
작동 소음은 주차 성능과 무관하게 여겨질 수 있지만 작동 소음이 심할 경우 운전자에게 심한 불편감을 주게 되며 결과적으로 운전자의 감성 품질 불만을 초래하여 상품성 저하를 낳게 된다.

따라서, 작동 소음에 대한 평가는 선행 개발 단계에서 Hill hold 성능과 함께 제일 중요하게 확보해야 할 성능이라 할 수 있다.

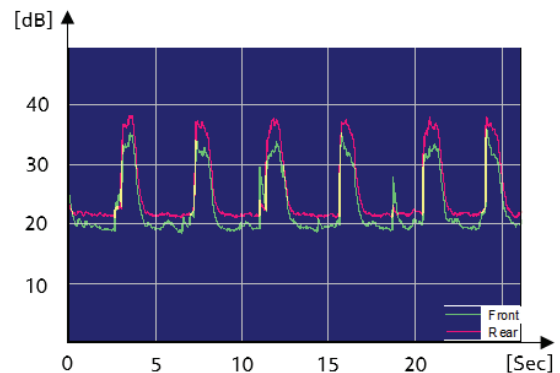
평가 결과의 신뢰성을 위하여 외부와 소음이 차단된 무향실에 차량을 세팅 한 후 전석과 후석에 각각 마이크로폰을 설치하였다.

아래의 Fig. 8은 실차 작동 소음에 대한 평가 결과를 나타내고 있다. 측정값의 신뢰성 확보를 위하여 3회 연속 작동 및 해제를 반복하였으며, 그 측정값들의 평균값을 가지고 평가 기준에 만족함을 확인하였다.

한편, 작동 소음에 대한 평가 기준은 차급에 따라 차별화 되어 있다. 일반적으로 대형 승용과 SUV를 별도로 분



(a) Test setup for working noise



(b) Test results

Fig. 8 Test results for working noise of new EPB system

리하여 작동 소음 평가 기준을 관리하고 있으며, 이는 차급에 따라 전달계가 틀리기도 하지만 차급에 맞는 목표 작동 소음을 전략적으로 가져가기 때문이다.

평가 결과 평균 36.3 dB로 측정되어 대형 승용 차량의 작동 소음 요구 조건에 만족함을 확인하였다.

이와 같이 EPB 시스템의 주요 성능인 Hill hold 및 작동 소음 평가 결과를 통하여 본 연구에서 개발한 새로운 EPB 시스템의 설계 적합성을 확인할 수 있었다.

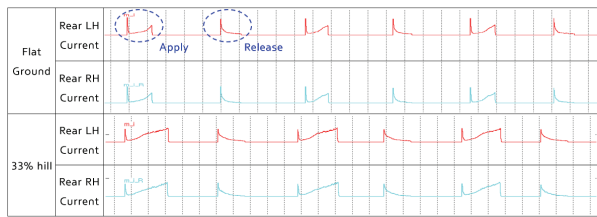
5.3 작동 시간 평가

작동 시간은 운전자가 작동 버튼을 누르고 난 후 얼마 후에 차량이 정차할 수 있는지를 확인하는 평가이다. 아래의 Fig. 9에 작동 시간에 대한 상세 실차 평가 결과를 도시하였다.

평가는 평지와 Hill 두가지 조건에 각각 작동 시간을 측정하여 평가 기준에 만족함을 확인하도록 하였다.

작동 시간 평가도 작동 소음 평가와 마찬가지로 측정 결과의 신뢰성을 위하여 3회 연속으로 작동 및 해제를 하였으며, 측정된 값들의 평균값을 이용하여 평가 기준에 만족함을 확인하였다.

평가 결과 평지 및 Hill 상태에서 모두 작동시 1 sec 전·후로 확인되어 작동 시간이 요구 조건이내에서 작동함을 확인하였다.



(a) Measurement results

		Time (sec)			
		#1	#2	#3	Average
Flat	Apply	0.86	0.80	0.86	0.84
	Release	0.71	0.66	0.70	0.69
33% hill	Apply	1.28	1.22	1.17	1.22
	Release	0.81	0.81	0.81	0.81

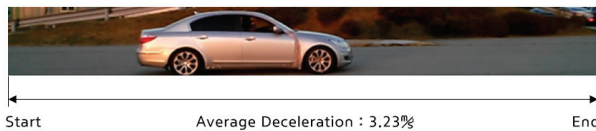
(b) Measurement data

Fig. 9 Test results for working time of new EPB system

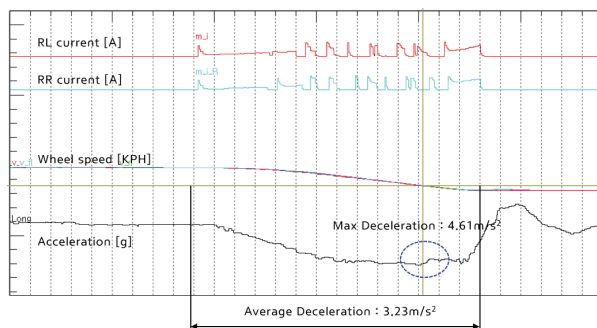
5.4 다이내믹 주차 평가

주차 제동 장치는 유사시 주제동 기능이 Fail될 때에 보조 제동 역할을 수행하여 차량의 비상 정지가 가능할 수 있도록 하는 성능도 요구 된다.

다이내믹 평가는 바로 이러한 요구 성능을 검증하기 위한 평가이며, 앞서 언급하였듯이 자율주행 고려한 리던던시 측면에서도 필히 확보해야하는 중요한 EPB 시스템의 성능이다. 아래의 Fig. 10은 다이내믹 주차 실차 평가에 대한 결과를 나타내고 있다.



(a) Test method



(b) Test results

Fig. 10 Test results for dynamic parking of new EPB system

일반적으로 다이내믹 평가는 주행 중 주차 제동 장치에 의한 제동시 일정 수준 이상의 감속도를 갖도록 요구 되고 있다.

평가 결과 차량 정지까지 최대 감속도는 4.61 m/s²까지 도달하였으며, 평균 3.23 m/s²의 감속도를 갖는 것으로 나타났다. 이와 같은 평가 결과를 통하여 비상 제동을 위한 다이내믹 주차 요구 성능이 평가 기준을 만족함을 확인하였다.

5.5 작동 내구 평가

작동 내구 평가는 선행 개발에 대한 필수 검증 항목 중에서도 양산성을 검증할 수 있는 평가란 점에서 매우 중요한 의미를 갖는다.

특히, EPB 시스템의 경우 차량의 안전과 제일 밀접한 시스템임으로 내구성은 선행 개발 단계에서 필히 검증해야 하는 중요한 성능이다. 본 연구에서는 작동 내구 평가를 위하여 10만회를 연속해서 작동하게 한 후 Hill hold 성능을 만족하는 필요 토크가 확보되는지를 확인하였다.

일반적으로, 연속해서 10만회를 작동하는 조건은 실제 상황에서는 발생하지 않으나, 가혹 조건 상태에서도 본 연구에서 개발된 시스템이 어느 정도 성능 수준을 확보할 수 있는지를 직접적으로 확인할 수 있기 때문에 매우 중요한 의미를 갖는 평가라 할 수 있다.

Fig. 11은 작동 내구 평가를 나타내고 있다. 도시된 바와 같이, 새로운 EPB 시스템을 작동 내구 평가 장비에 설치하여 연속적으로 액추에이터를 작동시켰다.

평가 결과 10만회 연속 작동 후 Hill hold 성능 만족을 위한 필요 요구 토크 확보 및 부품의 균열과 파단 등이 없음을 확인하였으며, 이와 같은 내구 평가 결과를 통하여 본 연구의 결과가 양산성을 확보하였음을 확인하였다.

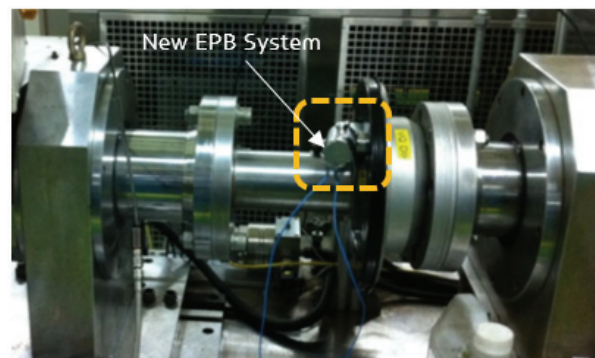


Fig. 11 Test for working durability of new EPB system

6. 결론

본 연구의 목적은 최근 자동차 산업에서 크게 증가되고 있는 EV를 고려한 새로운 EPB 시스템에 대한 컨셉 개발 및 상세 설계 그리고 제작 및 실차 검증에 관한 연구였으며, 아래와 같은 유용한 연구 성과를 얻을 수 있었다.

- 1) 기존에 사용된 EPB 시스템을 대체하기 위하여 DIH 작동 레버에 액추에이터를 장착한 새로운 타입의 EPB 시스템을 개발하였다. 또한, 최대 하중을 갖는 대형 차량의 G.V.W에서도 최적화된 주차 성능이 확보되도록 하였다.
- 2) 언더바디 서브프레임 상단에 장착 되던 케이블 풀러 EPB 시스템의 액추에이터 삭제가 가능하게 되어 차체 단차 개선 및 트렁크 공간 극대화 효과를 얻을 수 있게 하였다.
- 3) 기존 케이블 풀러 EPB 시스템에서 사용하던 파킹케이블 삭제를 통하여 전체적인 차량 언더바디 패키지 향상을 극대화 되도록 하였으며, 중량 및 원가 저감 효과를 통하여 스프링 아래 질량 저감을 통한 R&H 성능 향상 및 수익성 향상에 기여할 수 있도록 하였다.
- 4) 설계 결과의 완성도 검증을 위하여 실차 Hill hold 평가, 작동 소음 평가, 작동 시간 평가, 다이내믹 주차 평가, 작동 내구 평가를 수행하였으며, 종합적인 성능 확인을 통하여 새롭게 개발된 EPB 시스템이 기존의 EPB 시스템 대비 동등 수준 이상의 주차 성능을 확보함을 확인하였다.
- 5) DIH에 EPB 시스템을 구현할 수 있음으로써, 고급차 및 고성능차에서 널리 적용하고 있는 모노블록 캘리퍼의 전·후륜 동시 적용이 가능한 해결책을 제시하였다.

References

- 1) I. J. Yang, Y. S. Son, I. U. Park, K. S. Noh and P. J. Yoon, "Development and Performance Evaluation of Electric Parking Brake," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.953-958, 2006.
- 2) Y. O. Lee, C. W. Lee, H. B. Chung, C. C. Chung, Y. S. Son, P. J. Yoon and I. Y. Hwang, "A Nonlinear Proportional Controller for Electric Parking Brake (EPB) Systems," SAE 2007-01-3657, 2007.
- 3) C. T. Huang, C. T. Chen, S. Y. Cheng, B. R. Chen and M. H. Huang, "Design and Testing of a New Electric Parking Brake Actuator," SAE 2008-01-2555, 2008.
- 4) Y. Y. Son, H. B. Chung and K. I. Kim, "The Development of Caliper Integrated EPB System," KSAE Annual Conference Proceedings, pp.1295-1299, 2009.
- 5) J. S. Cheon, J. W. Jeon, H. M. Jung, I. U. Park, C. H. Park and T. J. Yeo, "Main Design Factors and Unified Software Structure for Cable Puller and Caliper Integrated Electric Parking Brake," SAE 2009-01-3022, 2009.
- 6) Y. S. Liao, C. T. Huang, C. T. Chen, S. Y. Cheng, B. R. Chen and F. Y. Huang, "Novel Design of the Integrated Electric Parking Brake System," SAE 2010-01-1707, 2010.
- 7) J. M. Kim, H. S. Lee and C. L. Oh, "Development of EPB Dynamic Braking Using Load Sell In the HILS Simulator Environment," KSAE Annual Conference Proceedings, pp.1402-1403, 2014.
- 8) S. J. Jeong, S. Y. Han, K. W. Park, D. W. Kim, E. D. Ro and C. H. Lee, "A Study on Transmission Efficiency Improvement of Worm Gear for EPB System," KSAE Fall Conference Proceedings, p.284, 2016.
- 9) J. H. Shim, G. H. Cha, G. B. Jeon, J. H. Lee, J. I. Choi, C. S. Han, B. S. Kim and Y. D. Jung, "A Study on Development of Electric Parking Brake System Integrated Actuator to Improve Parking Stability and Package," KSAE Fall Conference Proceedings, pp.277-281, 2016.
- 10) J. H. Shim, U. H. Shin, G. H. Cha, G. B. Jeon, J. I. Choi, C. S. Han, B. S. Kim, J. H. Lee and Y. D. Jung, "A Study on Development of EPB System Integrated DIH," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.321-328, 2017.
- 11) J. H. Shim, G. B. Jeon, J. H. Lee, S. W. Shin, B. C. Kim and Y. D. Jung, "A Study on Application Strategy and Actual Car Effectiveness of Electronic Parking Brake for Rear Wheel Driving Car," Transactions of KSAE, Vol.27, No.5, pp.389-398, 2019.