

< 기술논문 >

승용차 도어의 개폐 이음 저감을 위한 도어체커 개발

안 병 주¹⁾ · 손 성 민¹⁾ · 윤 재 득¹⁾ · 정 용 호^{*2)} · 김 형 돈³⁾ · 신 종 일³⁾ · 서 승 우³⁾ · 장 국 진⁴⁾

부산대학교 대학원 기계공학부¹⁾ · 부산대학교 기계공학부 / 정밀정형 및 금형기공연구소²⁾ ·
현대자동차 무빙설계1팀³⁾ · 현대NGV 기술개발팀⁴⁾

Development of a Car Door Checker for Reducing Noise in Opening

Byeongju An¹⁾ · Sungmin Son¹⁾ · Jaedeuk Yun¹⁾ · Yoongho Jung^{*2)} · Hyongdon Kim³⁾ ·
Jongil Shin³⁾ · Seungwoo Seo³⁾ · Kookjin Jang⁴⁾

¹⁾Graduate School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

²⁾School of Mechanical Engineering / ERC/NSDM, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

³⁾Moving Engineering Design Team 1, Hyundai Motor Co., 150 Hyundaiyeonguso-ro, Namyang-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi 445-706, Korea

⁴⁾New Technology Development Team, Hyundai NGV Co., 314-dong, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

(Received 4 November 2014 / Revised 10 April 2015 / Accepted 10 April 2015)

Abstract : A door checker holds a car door at several opening angles and limits the maximum door opening, so that the door does not bump against to passengers. Recently, the performance of door checker becomes more important as the feeling of door opening and closing effects on the quality of a car. However, some of door checkers make squealing noise when they are used for ages, which causes consumer's complaints as well as decreasing commercial value of the product. In this study, after various experiments for the noise, we concluded that the major reasons of the noise are acceleration of wearing and loss of lubricant due to impurities in working parts. Therefore, we developed a new mechanism of door checker which can resolve the major reasons of the noise. The developed mechanism is effective to prevent inflow of impurities and loss of lubricant by locating working parts in the case. We also proved that the developed mechanism does not make any noise after the test of 50,000 times of operations.

Key words : Door checker(도어 체커), Friction noise(마찰 소음), Operating force(작동력), Arm profile(굴곡부 형상), Motion simulation(동작 시뮬레이션)

1. 서 론

힌지를 중심으로 회전하는 자동차 도어는 갑자기 여닫히거나 열려둔 상태에서 지면 경사나 바람에 의해 저절로 닫히는 경우 사용자가 상해를 입을 수 있다. 이를 방지하기 위해 도어가 일정 각도에서 열린 상태를 유지하는 기능과 최대 열림각(약 60° ~ 70°)에서 더 이상 열리지 않도록 도어의 열림을 정지하는 기능이 필요한데, 이러한 기능을 제공하는

부품이 도어체커이다. 최근에는 도어의 개폐 감성이 승용차의 중요한 상품성 요소의 하나로 자리 잡고 있어 도어체커 성능의 중요성이 증가하고 있다. 그런데 사용 시간이 경과함에 따라 도어체커에서 이음(abnormal noise)이 발생하는 경우 사용자들의 불만이 야기되며 자동차의 상품성을 떨어트리는 고질적인 문제가 된다.

기존의 도어체커와 관련된 학술적인 연구는 체커 암의 굴곡부 형상에 따른 작동력을 해석하여 작동력을 예측하는 연구¹⁻⁵⁾가 대부분이고, 절도감을 부

*Corresponding author, E-mail: yhj@pusan.ac.kr

여하는 메커니즘과 관련한 다수의 특허^{6,9)}가 보고되어 있다. 그러나 이음 발생에 관한 원인 분석이나 이를 해결하는 연구는 아직 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 도어체커에서 이음을 발생시키는 주된 원인을 밝히고 이를 근원적으로 제거할 수 있는 새로운 구조의 도어체커를 개발하고자 한다.

2. 도어체커의 구조

도어체커의 구조는 크게 힌지 분리형(separated type)과 힌지 일체형(integrated type)으로 분류될 수 있다. 힌지 분리형은 Fig. 1과 같이 자동차 도어의 힌지와는 별도로 부착되는 형태이고, 힌지 일체형은 Fig. 2와 같이 힌지 자체에 도어체커 기능을 부여한 것을 말한다. 그리고 힌지 분리형은 다시 체커 암과 접촉하는 부품에 따라 슬라이더 타입, 롤러 타입, 슬라이더와 롤러가 복합된 하이브리드 타입으로 분류된다.

힌지 분리형 도어체커는 국내 승용차 업계에서 가장 보편적으로 사용되고 있으며, 하이브리드 타입 도어체커의 작동 과정을 Fig. 3에 나타내었다. 이 방식은 굴곡부가 있는 체커 암(arm), 차체에 장착되는 마운팅부(mounting)부, 체커 암과 접촉하는 슬라이더(slides) 및 롤러, 스프링이나 고무를 사용한 탄성부재, 케이스 그리고 스톱핑(stopping) 부품으로 이루어져있다. 도어가 열림에 따라 도어에 고정된 도어체커의 케이스는 체커 암을 따라 움직이게 되는데,



Fig. 1 Door checker of separated type



Fig. 2 Door checker of integrated type

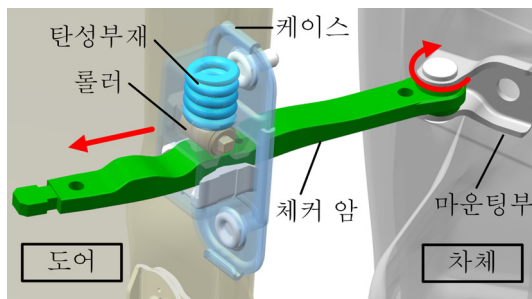


Fig. 3 Mechanism of separated type door checker

이 때 케이스 내부의 탄성부재에 의해서 슬라이더(또는 롤러)와 체커 암 사이의 접촉면에 하중이 발생하게 된다. 그리고 굴곡부의 높낮이에 따라 탄성부재에 의한 하중의 크기가 변하게 되므로 이것을 이용해서 자동차 도어 개폐 시 절도감을 부여하게 된다.

이러한 분리형 도어체커에서 탄성부재의 복원력이 매우 크기 때문에 도어를 여닫는 횟수와 사용 기간이 증가함에 따라 부품의 마모나 부식, 윤활유의 열화 등이 발생하게 된다. 또한 우천 시에 자동차 도어 내부로 유입된 빗물이 도어체커 내부로 유입되어 이물질이 섞여 들어가거나 윤활유가 씻겨 나갈 수 있다. 이와 같은 여러 가지 원인들의 영향으로 장시간 사용된 도어체커에서 작동력의 저하 또는 이음의 문제가 발생하게 된다.

3. 이음 발생 원인 분석

본 장에서는 국내 자동차 업계에서 보편적으로 사용되는 힌지 분리형 도어체커에 대해 이음이 발생하는 원인을 분석하고자 한다.

3.1 스틱-슬립 이음

기계 부품에서 이음이 발생하는 부위는 주로 상대 운동을 하는 부위이다. T. Jibiki에 의하면¹⁰⁾ 표면의 마찰 조건이 균일하지 않아 마찰력이 급격하게 감소하는 경우, 즉 유막이 없는 건조 마찰 상태에서 두 표면의 상대 속도가 낮아지거나, 정지 마찰에서 운동 마찰로 전이되거나, 표면 상태가 고르지 않아 마찰 계수가 급격하게 감소하는 경우에 마찰 이음이 발생하게 되는데, 이를 스틱-슬립(stick-slip) 이음이라고 한다. 스틱-슬립 이음은 특히 접촉면의 수직

하중이 클 때나 표면이 마모된 경우에 더 쉽게 발생한다. 도어체커의 경우, 슬라이더와 체커 암 사이의 이음 발생 현상이 이와 유사한 특징을 보이므로 스틱-슬립에 의한 이음으로 추정할 수 있다.

스티크-슬립 이음의 발생을 완화할 수 있는 방안은 정지 마찰과 운동 마찰 사이의 차이를 최소화할 수 있도록 마찰면의 윤활 상태를 유지하거나, 미끄럼 마찰을 구름마찰로 변경하거나, 표면의 마모를 줄이기 위해 이물질의 유입을 차단하는 방법 등이 있다.¹¹⁾

3.2 실험을 통한 이음 발생 원인 분석

스티크-슬립 이음은 앞의 소절에서 고찰한 바와 같이 건조 마찰 상태에서 두 표면의 상대 속도가 낮아지거나, 정지 마찰에서 운동 마찰로 전이되거나, 표면 상태가 고르지 않아 마찰 계수가 급격하게 감소하는 경우에 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 소절에서는 분리형 도어체커의 세 가지 타입에 대해, 윤활 상태와 이물질의 유무에 따라 이음이 발생하는 가장 주된 요인을 실제 실험을 통해 찾고자 한다.

3.2.1 실험 방법 및 조건

본 연구에서는 세 가지 타입의 도어체커에 대해 먼저 윤활 상태에서 이물질의 영향을 확인하는 실험을 수행하였다. 이를 위해 슬라이더 타입은 실제 사용 중 이음이 발생한 고품(faulted part)을 사용하였고, 롤러와 하이브리드 타입은 윤활 상태의 신품 도어체커를 사용하였다. 롤러와 하이브리드 타입의 경우 이물질에 의한 이음 발생 조건을 가속화하기 위해 연마재, 사포가루, 물을 1:1:2 비율로 혼합한 연마용액을 매 500회 개폐동작마다 체커 암에 도포하였다.

다음으로 비윤활 상태에서 이물질 유무의 영향을 확인하기 위해 윤활유를 도포하지 않고 제작한 슬라이더 타입과 하이브리드 타입의 도어체커에 대해 동일한 방법으로 실험하였다.

3.2.2 실험 결과 및 분석

이음은 점진적으로 소리가 커지는 것이 아니라 부품의 마모와 윤활 상태가 변하여 스틱-슬립 현상

Table 1 Result of experiments for abnormal noise

실험 조건		윤활 상태		비윤활 상태	
		이물질 유	이물질 무	이물질 유	이물질 무
이음 발생 여부	슬라이더	O ₁	X ₂	O ₃	-
	롤러	O ₄	-	-	-
	하이브리드	O ₅	-	O ₆	X ₇

이 발생하는 순간부터 소리가 크게 들리기 때문에 이음의 발생 여부를 쉽게 확인할 수 있다. 이음의 발생 원인을 분석하기 위한 실험 결과를 다음 Table 1에 요약하여 정리하였다. Table 1에서, “O”는 이음이 발생한 상태를, “X”는 이음이 발생하지 않은 상태를, 그리고 “-”는 실험을 수행하지 않은 상태를 나타낸다.

고품의 슬라이더 타입에 대한 실험 결과, 실험을 시작하는 순간부터 이음이 발생하였다(O₁). 이는 Fig. 4에 나타난 것과 같이 체커 암 상단에 이물질이 과다하게 쌓여 있고 표면이 마모된 상태에 의한 스틱-슬립의 발생으로 추론된다. 이 상태에서 이물질을 제거하고 윤활유를 도포한 이후에는 더 이상 이음이 발생하지 않았다(X₂). 신품의 슬라이더 타입에 대해 윤활유 없이 연마재만 도포한 경우, 5 ~ 10회 개폐동작 후에 체커 암 굴곡부의 1, 2단 평탄부에서 이음이 발생하였는데 (O₃), 이 경우도 Fig. 5와 같이 체커 암 표면과 상단 슬라이더에 붙어 있는 연마재의 영향으로 사료된다.

롤러 타입 도어체커의 경우, 윤활 상태에서 연마

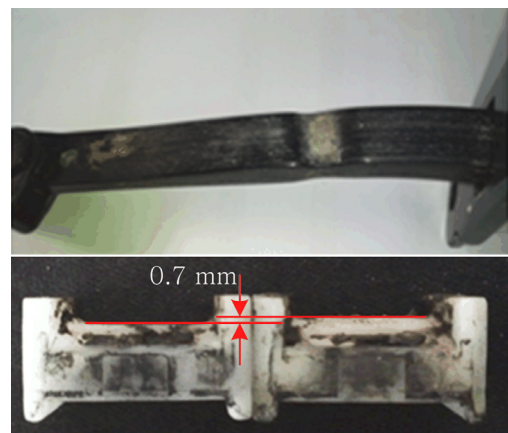


Fig. 4 Faulted checker arm (upper) and slider (lower)

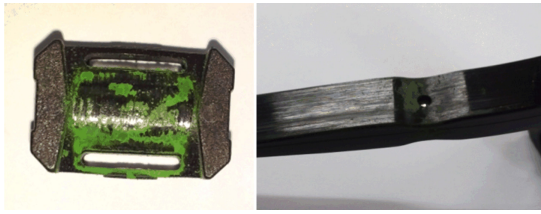


Fig. 5 Faulted upper slider and checker arm of slider type door checker after the experiment



Fig. 6 Faulted lower roller of roller type door checker after the experiment

용액을 도포하여 개폐동작을 반복 실시한 결과 800회 개폐동작 후 체커 암 굴곡부의 1, 2, 3단 평탄부에서 이음이 발생하기 시작하였다(O₄). 실험 후 폴러 타입 도어체커의 상태는 Fig. 6과 같이 하단 롤러부에 연마재가 쌓여 있었으며, 이로 인해 롤러의 작동이 방해 받아 체커 암과 롤러 사이가 미끄럼마찰 조건이 되어서 이음이 발생한 것으로 유추할 수 있다.

하이브리드 타입 도어체커의 경우, 같은 방법으로 윤활 상태에서 연마 용액을 도포하여 개폐동작을 반복 실시한 결과 10,000회 개폐동작 후에 체커 암 굴곡부의 1단 부위에서 이음이 발생하였다(O₅). 실험 후 도어체커의 상태는 Fig. 7과 같이 하단 슬라이더와 체커 암의 1단 측면부가 마모되어 있었다. 윤활유 없이 연마재만 도포한 경우에는 40회 개폐동작 후 체커 암 굴곡부의 1, 2, 3단 평탄부에서 이음이 발생하였고(O₆), Fig. 8과 같이 롤러와 하단 슬라이더에는 특별한 흔적이 없었으나 체커 암 상단 표면이 마모되어 있었다. 따라서 윤활유가 없는 상태에서는 연마재에 의한 마모가 가속화되어 수십 번의 개폐동작만으로도 이음이 발생하는 것을 알 수 있다. 윤활유와 연마재를 모두 도포하지 않은 경우에는 40,000회 개폐동작 후에도 이음이 발생하지 않았다(X₇). 따라서 이물질에 의한 마모가 없는 상태



Fig. 7 Faulted lower slider in hybrid door checker after the experiment

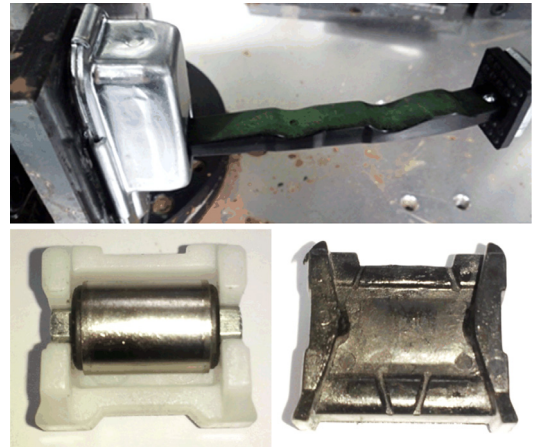


Fig. 8 Hybrid type door checker after the experiment

에서는 윤활유가 없더라도 이음이 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

이를 종합하면 이물질이 과다한 경우에는 모두 이음이 발생한 것을 알 수 있었고, 이음이 발생하는 2차적인 원인은 이물질 침투로 인한 롤러의 미작동, 윤활 미비로 인한 스틱-슬립 현상으로 판단된다.

4. 이음 방지 구조 개발

4.1 구조 설계 및 시제품 제작

본 연구의 3장에서 실험한 결과에 의하면 도어체커에서 이음 발생의 가장 직접적인 요인은 이물질의 유입이었다. 따라서 본 연구에서는 이음의 가장

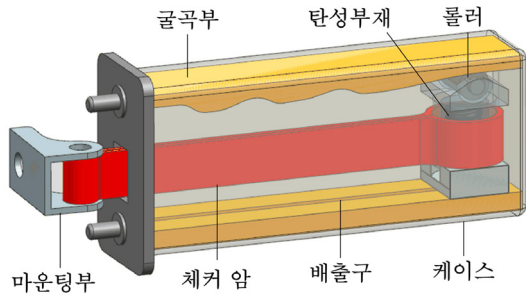


Fig. 9 Developed mechanism of new door checker

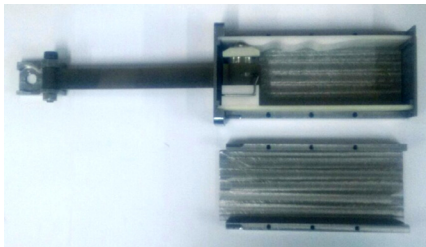


Fig. 10 Prototype of developed door checker

직접적인 요인인 이물질의 유입을 차단할 수 있는 새로운 도어체커를 고안하고, 그 개념도를 Fig. 9에 나타내었다.

기존의 도어체커는 체커 암의 굴곡부가 외부에 노출되어 마찰 부위에 이물질이 유입될 수 있는 구조였으나, 본 연구에서는 마찰이 발생하는 작동 부위에 이물질의 유입을 차단하기 위해 굴곡부와 슬라이더, 롤러, 탄성부재 모두를 케이스 내부에 위치시키는 새로운 개념의 도어체커를 설계하였다. 뿐만 아니라 마찰이 주로 발생하는 굴곡부를 케이스 내부의 상단에 위치 시켜 이물질과의 접촉을 최대한 억제하고, 내부로 유입될 수 있는 적은 양의 이물질이라도 원활히 배출되도록 케이스의 하단에 배출구를 형성하였다.

이러한 개념의 새로운 도어체커를 실제 사용 환경에서 성능을 평가하기 위하여 Fig. 10과 같이 시제품을 제작하였다. 시제품의 케이스, 체커 암, 마운팅 부품 등 강성이 필요한 부품은 강재(steel)를 사용하였고, 굴곡부와 슬라이더 부품은 아세탈(acetal) 소재를 사용하였다.

4.2 이음 발생 평가

개발된 도어체커의 시제품을 3.2.1 절의 기존 도어

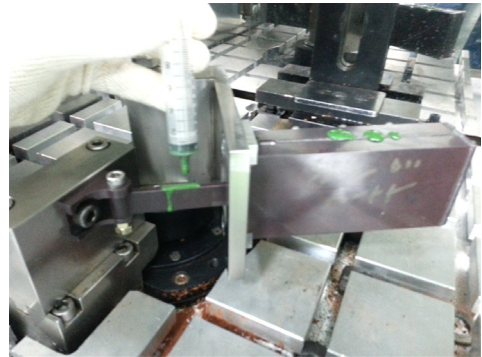


Fig. 11 Noise and endurance test of the developed door checker

체커 이음 재현 실험과 동일한 방법으로 Fig. 11과 같이 지그에 장착하여 연마 용액을 도포하고 개폐 동작을 반복 수행하였다. 시험 결과 50,000회 개폐 동작 후에도 이음이 발생하지 않았다.

4.3 내구성 평가

국내 승용차 업계에서는 도어체커의 내구성 평가 기준으로 내구 시험 후 작동력 저하를 50% 이내로 정하고 있다. 본 연구에서 개발된 도어체커의 시제품 내구성 시험을 위해 기존의 도어체커 구성 시험과 동일하게 지그에 장착하여 연마재를 도포하지 않고 50,000회 개폐동작을 수행하였다.

시험 결과를 Fig. 12에 나타내었다. 작동력 저하는 12% 이하로서 국내 승용차 업계의 기준을 충분히 만족함을 확인하였다.

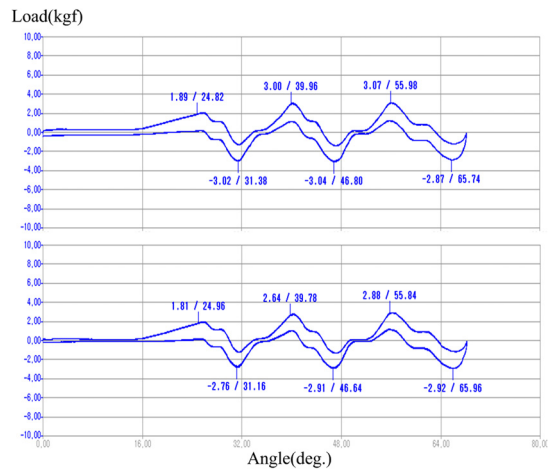


Fig. 12 Actuating force graph before (upper) and after (lower) the endurance test of developed door checker

5. 결 론

본 연구에서는 힌지 분리형 도어체커에서 이음의 발생 원인을 실험을 통해 분석하였고, 이음 발생의 가장 직접적인 요인은 이물질의 유입에 의한 마모와 윤활유 소실의 가속화임을 밝혔다.

이를 바탕으로 이물질의 유입을 차단할 수 있도록 도어체커의 굴곡부와 롤러 등 접촉부를 모두 케이스 내부에 위치시키는 새로운 구조를 제안하였다. 제안된 구조의 시제품을 제작하여 이음 발생 및 내구성 평가를 수행한 결과 50,000회 개폐시험 후에도 이음이 발생하지 않았으며 목표 작동력과 내구성을 만족하였다.

개발된 새로운 도어체커 구조는 외부에서 이물질이나 빗물 등이 유입되거나 내부의 그리스가 소실되는 것을 효과적으로 차단할 수 있는 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라, 기존의 도어체커는 체커 암과 슬라이더(또는 롤러)의 상대 운동 궤적에 따른 접촉면이 일정하지 못한 단점이 있는 반면, 개발된 도어체커는 굴곡부와 롤러가 항상 일정하게 선접촉하는 장점을 가지고 있다.

현재 개발된 도어체커의 시제품은 제작에 용이한 재료와 가공 방법을 사용하였으나, 양산 모델을 개발할 때는 기존의 도어체커 정도의 강도를 가지는 재료와 적절한 가공 방법을 사용하면 시제품에 비해 보다 가볍고 높은 강도와 수명을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 현대자동차(주)의 지원으로 수행 되었으며 관계자들에게 감사드립니다.

References

- 1) C. Kim and S. Kang, "Analysis of Door Effort Using 2D Model," Transactions of KSAE, Vol.11, No.3, pp.131-137, 2003.
- 2) K. Kwak, S. Kim and K. Cho, "A Theoretical Study on the Profile of Door Checker Arm & Door Operating Force for Spring Roller & Hybrid Type," KSAE Annual Conference Proceedings, pp.2247-2252, 2009.
- 3) S. Kim, "Development of Program Calculating Efforts of Door Checker-on Base of CATIA V5-," KSAE Annual Conference Proceedings, pp.2308-2311, 2010.
- 4) S. Yoon and S. Kang, "Door Effort Analysis for Door Checker of Integrated Type with Torsion Bar Spring," Journal of KSMPE, Vol.11, No.3, pp.86-91, 2012.
- 5) S. Kang and D. Kim, "Door Effort Analysis for Hybrid Door Checker," Transactions of KSAE, Vol.20, No.3, pp.52-57, 2012.
- 6) R. Morawetz, Door Hinge with an Integrated Door Stop, U.S. Patent, US-B1-6739020, 2004.
- 7) S. S. Jang, Door Checker for Vehicle, Korea Patent, KR-B1-100878627, 2009.
- 8) J. S. Park, Door Hinge for Vehicle, Korea Patent, KR-A-1020130057506, 2013.
- 9) J. H. Lee, Door Checker for Vehicle, Korea Patent, KR-A-1020130088269, 2013.
- 10) T. Jibiki, M. Shima, H. Akita and M. Tamura, "A Basic Study of Friction Noise Caused by Fretting," Wear, Vol.251, No.1, pp.1492-1503, 2001.
- 11) C. Kim, Tribology, Hyungseul, Seoul, 2006.