



디스크 브레이크의 이상떨림에 관한 고장사례연구

†**문학훈**

오산대학교 자동차과

(2015년 12월 14일 접수, 2016년 1월 25일 수정, 2016년 1월 26일 채택)

A Study for Failure Examples of Brake Judder with Abnormal Vibration of Disc Brake

†**Hak Hoon Moon**

Department of Automotive Engineering, Osan University

(Received December 14, 2015; Revised January 25, 2016; Accepted January 26, 2016)

요약

이 연구의 목적은 브레이크 저더가 자동차 브레이크 시스템에서 나타나는 많은 문제 중에 하나이며, 연구자들이나 엔지니어가 브레이크 저더를 최소화하기 위하여 원인과 메카니즘에 대해 연구하고 있음에도 불구하고 나타나는 현상이다. 운전자들이 느끼는 것은 핸들이나 브레이크 페달 또는 차체 바닥에서 오는 높은 주파수의 진동으로 느낄 수 있으며 소음도 같이 동반하게 된다. 따라서 고장사례를 통하여 운전자가 디스크 브레이크의 길들이기를 하거나 디스크의 열변형 부분을 제거하여 브레이크 저더를 저감 할 수 있도록 조치방법에 대해서 고장사례 연구를 하였다.

Abstract - Brake judder is one of the most serious problems in automotive-brake systems. It has not been eradicated despite all the efforts that many researchers and engineers have made to reduce it by studying its causes and mechanisms. Brake discs play a significant role in judder. The driver experiences judder as vibrations in the steering wheel, brake pedal and floor. In the higher frequency range, the structural vibrations are accompanied by a sound. Brake judder primarily affects the comfort but could, when confronting an inexperienced driver for the first time, lead to faulty reactions and reduced driving safety.

Key words : brake judder, vibration, brake disc

1. 서론

브레이크 페달을 밟을 때 차체의 진동을 일으키거나 브레이크 페달이 전후로 진동 하는 등의 덜컹거리는 현상을 말한다. 일반적으로 고속에서 브레이크를 밟을 때 현상이 발생하기 쉽고 차륜의 회전과 같은 주기로 발생한다. 주된 원인은 로터의 두께의 불균일로 로터를 끼워 넣은 패드 사이가 넓어지거나 좁아지거나 하는 것의 반복이 서스펜션 통해서 차체에 전달되거나 조향 기어축을 통해 핸들로 전달 되

어진다. 낮은 주파수에서는 2가지의 구조적인 진동이 발생하는데 하나는 저더이며 또 하나는 소음이며 공기중에 발생하는 소음은 잡음이고 바람소리이다. 주파수 영역은 400-500Hz에서 중첩되어 나타난다. 그렇지만 브레이크 저더는 쉽게 인지할 수 있으며 차량의 주행속도에 비례하여 나타난다.

패드의 마찰재의 분진이 로터의 표면에 불규칙하게 점착된 것이 원인이었다. 이 불규칙한 점착물은 로터의 두께 차이 및 런아웃의 원인이 되는데 이는 과격한 사용으로 로터 표면 온도가 크게 상승된 상태에서 패드 소재의 분진이 스팟 용접된 것과 마찬가지로 로터 표면에 퇴적되어 굳어진 것이다. 패드와 로터의 마찰면 온도가 패드의 내열온도 한계를

†Corresponding author: hhmoon@osan.ac.kr

Copyright © 2016 by The Korean Institute of Gas

벗어나게되면 급속하게 패드의 접착제와 마찰제가 마모되어 분진이 흩어지게 된다. 이 분진들이 불규칙하게 로터 표면에 퇴적된 상태에서 온도가 더 올라가게 되면 스팟 용접을 한 것과 같이 굳어져 달라붙게된다. 그 후 다시온도가 650-700℃ 가까이 올라가면 퇴적된 분진이 다시 녹아서 새로운 분진과 결합되어 또 다른 모양을 형성하면서 점점더 불규칙한 표면을 만들면서 떨림 증상을 불러오게 된다. 대부분의 패드는 내열온도 표시가 있으며 예를 들어 400℃,550℃,650℃,900℃이다.

만약 내열온도가 높은 패드로 교체하지 않고 과격하게 브레이킹을 계속하면 사용 기간에 관계없이 이런 현상이 발생한다. 급 제동시 브레이크 표면 온도는 속도의 제곱 그리고 차량에 총중량에 비례하여 높아지므로 차량이 무거운 승합차량 같은 경우는 패드의 선택에 신중을 기하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 브레이크 저더(judder)현상을 분석하고 대책을 알아보하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 브레이크 저더의 발생원인

전통적으로 브레이크 소음과 진동은 100,500, 또는 1000Hz에서 나타나며 이것을 저더(judder)라고 하며 운전자와 승객이 느낄 정도의 떨림이 나타나며 원인으로서는 다음과 같다. (a)열변형, 디스크의 변형 (b)비정상 열팽창(c)디스크 재질의 상변화가 있으며 냉간저더(cold judder)는 기하학적인 변위,비정상 마모,비정상 부식, 또는 비정상 마찰등이 있으며 저더(judder)는 냉간 저더와 열간 저더로 나타난다.

Fig. 2.1, Fig. 2.2 에 의한 현상들 때문에 브레이크 저더가 발생 한다고 보고되고 있고 주로 핸들떨림 (Fig. 2.5), 브레이크 페달 떨림 (Fig. 2.6)의 현상이 나타나며 원인을 분석해 보면 디스크의 열변형에 의한

현상인 것이다. 또한 패드와 로터의 마찰온도가 패드의 내열온도 한계를 벗어나게 되면 급속하게 Fig. 2.4처럼 패드의 접착제와 마찰제가 마모되어 분진으로 흩어지게 된다.

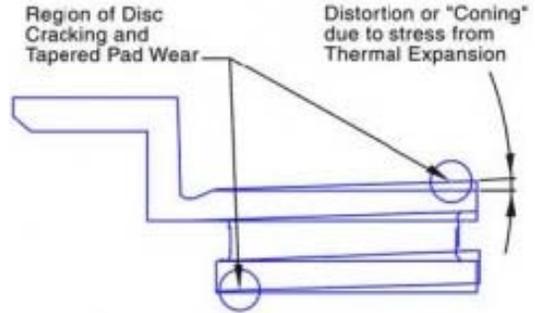


Fig. 2.2. Disc formation by thermal expansion.

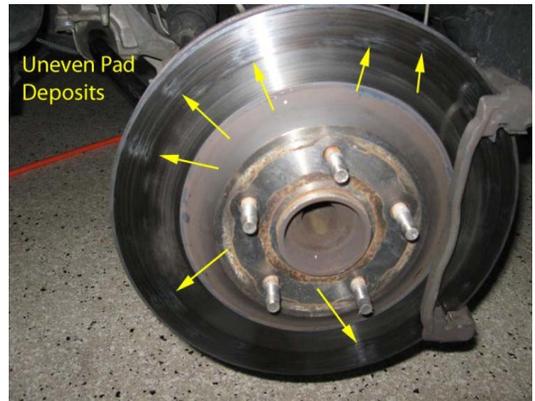


Fig. 2.3. Disc formation by uneven Pad Deposits.

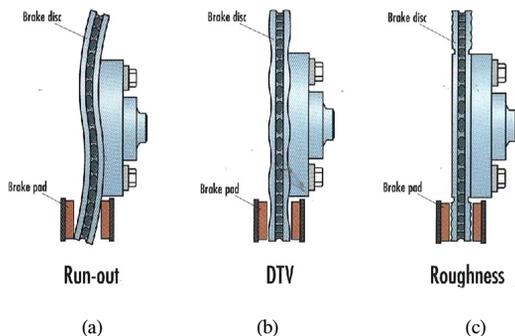


Fig. 2.1. Transition of Disc Thickness, Irregularity Wear.



Fig. 2.4. Abnormal wear of Disc Pad.

2.2 브레이크 저더 증상

브레이크 저더가 발생되면 원인이 여러 가지 일 수 있지만 가장 빈번하게 나타나는 현상이 크게 두 가지로 나타난다. 한가지는 핸들떨림이며 또 한가지는 브레이크 페달 떨림 현상이다.



Fig. 2.5. Handle Vaibration by Brake Judder.



Fig. 2.6. Shuddering of Brake Pedal by Brake Judder.

III. 브레이크 저더(judder)사례분석

3.1 브레이크 패드의 열마모로 인한 저더 발생 현상

브레이크 패드는 성분에 따라 크게 3가지로 나누어지며 유기질, 세미 메탈릭, 세라믹으로 구분되며 유기질의 경우 적은 소음과 냉간시에도 일정 수준의 제동력을 확보가 가능하며 마찰력이 낮고 고열에 노출될 경우 제동력이 떨어진다. Fig. 3.2에서 나타내는 것처럼 메탈릭의 경우는 고성능 차량에 장착되며 유기질이나 세라믹에 비해 훨씬 강력한 제동성능을 갖으며 소음과 많은량의 분진가루를 동반하여 디스크를 변형시켜 브레이크 저더를 일으키기도 한다. 세라믹 패드는 유기질 패드에 비해 고온에서 좋은 성능을 보이지만 제동성능은 떨어진다. 하지만 소음과 분진발생이 적고 내구성이 좋다. 3가지 종류에 따라 패드가 받는 열은 시간과 브레이크 압력에 의해 브레이크 저더가 발생하는 시간의 차이가 있을



Fig. 3.1. Temperature abrasion of Disc Pad.

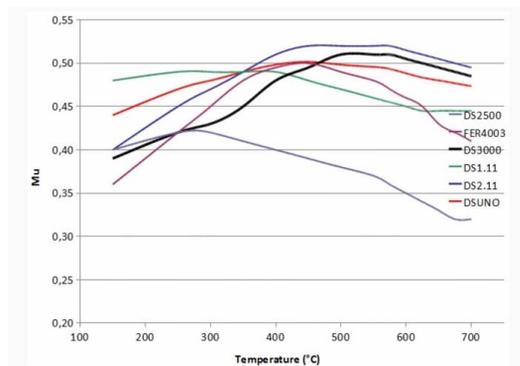


Fig. 3.2. Coefficient of Friction Brake Pad.

뿐 브레이크 저더는 디스크와 패드에 열부하로 인한 상관관계가 크게된다.

Fig. 3.2는 온도와 마찰계수와의 상관관계를 나타내는데 브레이크 패드 선정시 자동차의 운전조건에 따라 적절히 선택하여 사용하여야 한다. 약 750℃정도 순간적으로 약 950℃까지의 열부하에 견딜 수 있어야 하며 마찰계수는 약 0.25-0.5 정도가 대부분이다.

3.2 브레이크 디스크의 열변형에 의한 저더 발생 현상

디스크의 형상은 원판형이며 대부분 약간의 크롬 및 몰리브덴을 첨가한 주철, 가단주철 또는 주강으로 제작하며 내 마모성 및 내 균열성이 우수하고 탄소의 함량을 높임에 따라 열 방출속도가 높아진다. 탄소섬유 또는 세라믹-카본 복합재료를 사용하기도 하며 CCB(composite ceramic brake disc)의 경우는 1700℃의 고온, 고진공에서 실리콘을 혼합하여 특수 처리한 탄소섬유 복합재료를 사용하며 주철에 비해 가볍고 강도는 더 높다.내열성도 아주 높기 때문에 열변형이 적으로 마찰계수의 변화도 적고 내부식성도 우수하다. 패드와 마찰에 의해 제동력을 발생시키며 항상 적절한 마찰계수를 유지하여야 하며 물이나 먼지 등의 영향 하에서도 그 특성을 유지하여야 한다. Fig. 3.3에서처럼 반복적인 제동에 의해 열변형이 발생되며 패드가 이물질에 의해 디스크 표면에 경화되어 부착되어 변형을 발생시키고 어느 일정 온도까지 지속적으로 반복되면 흔들림이 발생되어 브레이크 저더가 발생하게 된다.



Fig. 3.3. Thermal expansion of Brake Disc.

Fig. 3.3는 지속적이고 반복적인 제동에 의한 열변형 디스크를 나타내며 패드가 이물질에 의한 마모도 볼수가 있다. Fig. 3.4에서와 같이 열변형을 개선하기 위해 디스크내에 방사선형으로 공기통로가 설치된 형식에서 공기통로는 주행중 환기작용을 한다. 그리고 일부에서는 디스크 마찰면에도 가공을 뚫어 놓아 제동중에도 온도를 낮게 할 수 있으며 제동 후에도 냉각속도가 빠르게 저하된다.

$$F_u = z \cdot \mu_G \cdot F_{cw}$$

$$F_{cw} = \frac{F_u}{z \cdot \mu_G}$$

- F_u : 디스크의 유효반경에 발생한 마찰력[N]
- F_{cw} : 캘리퍼 피스톤의 압착력[N]
- z : 마찰면의 개수
- μ_G : 미끄럼 마찰계수
- r_w : 디스크의 유효반경[m]

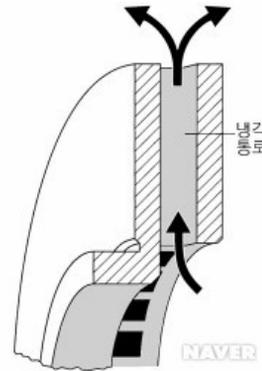


Fig. 3.4. Structure of Radiant Heat.

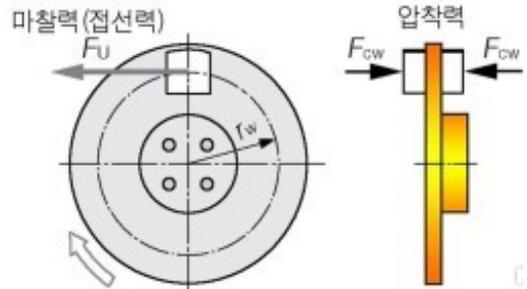


Fig. 3.5. Frictional force of Brake Dic.

Fig. 3.5 는마찰력에 발생하는 캘리퍼 피스톤의 압착력과 마찰계수에 의해 열 발생량이 많이 발생할수 있다.

IV. 결론

본 연구는 브레이크 이상떨림에 의한 고장사례를 연구한 것이며 발생 현상과 원인을 분석하였으며 사례를 통하여 조치내용을 알아보하고자 하였다.



Fig. 4.1. Replace of New Brake Disc.



Fig. 4.2. Grinding of Brake Disc.

1) 브레이크 저더가 발생되면 브레이크 패드를 저 마찰계수 패드를 사용하거나 디스크의 단면적이 넓은 것으로 교환을 해주어야 한다.(Fig. 4.1)

2) 마찰제의 접촉용 수지는 페이드(fade) 현상과 분진의 불규칙한 퇴적 점착을 방지하기 위하여 비교적 서서히 태워야 한다. 절차는 중간 중간에 짧은 냉각시간을 두고서 점점 더 강도를 높여 가면서 여러 번 급제동하는 것이다. 마지막 정지 후에는 시스템을 상온에서 충분히 냉각시켜야 한다. 전통적으로 하이퍼포먼스 스트리트용 패드는 시속 100km로 달리다가 10km까지 속도를 줄이는 제동을 열 번 정도 실시하되 가속은 정상 속도로 제동을 점점 더 강도를 높여서 한다. 패드나 디스크의 길들이기 중에는 절대로 완전하게 정지하면 안 된다. 따라서 안전을 위하여 적당한 시간과 장소를 미리 신중하게 결정하여야 한다.

3) 수리할 경우에는 디스크를 연마하여 열변형 된 부분만 가공하여 열적 변형을 제거하는 방법으로 해결 할 수있다 (Fig. 4.2)

후 기

본 연구는 2014년도 오산대학교 교내 학술 연구비 지원에 의해 수행되었으며,이 에 감사드립니다.

REFERENCES

- [1] Uo, M. R., Choi, J. W., Lee, D. H., Lee, S. B., and Lee, J. H., "A study Temperature of Brake Disc using Two-way Layout", *Journal of the KSMPE*, 11(6), 94-99, (2012)
- [2] Han, M. S., Jo, J. W., "Durability Analysis by Share of Disk Structure", *Journal of the KSAE*, 22(1), 36-44, (2013)
- [3] Kim, H. W., Kim, H. G., Kwak, E. G., Song, J. S., Shin, H. J., "Thermal Performance Evaluation of The Brake Disk,and Structural Analysis", *KSMTE Spring Conference 2012*, 212, (2012)
- [4] Seo, Y. J., O, J. H., Lee, J. S., Kang, K. S., Jung, G. S., "A Studyon the Cross-drillingEffects of Brake Disc Rotor", *Journal of KSAE*, 16(1), 100-105, (2008)
- [5] Gu, B. C., Kim, M. H., "Casting Technology of an Aluminum Alloy Composite Brake Disc", *Journal of the KSR*, 971-974, (2011)
- [6] Kang, S. Y., Jung, M. G., Shin, S. H., Kim, S.

- H., "An analysis of factors contributing to brake judder and improvement", *Journal of the KSAE*, 650-654, (2013)
- [7] Choi, B. J., Lee, U. Y., "A Study on the Identification and Reduction of Causes of Brake Judder Noise in Commercial Vehicles", *Journal of the KSMT*, 17(1), 5-9, (2015)
- [8] Jung, H. I., Kim, H. M., and Choi, G. S., "Investigation of Thermal Deformation in Brake Disk by FEM", *Journal of the KSAE*, 129-134, (2004)