

타공 디스크에 의한 열적 성능 및 내구성 향상 연구

한문식*, 조재웅#

Study on Improvement of Thermal Performance and Durability by Disk with Holes

Moon-Sik Han*, Jae-Ung Cho#

(Received 11 October 2010; received in revised form 7 February 2011; accepted 14 February 2011)

ABSTRACT

In this study, the thermal performance of disk can be compared with disk and disk with holes through numerical analysis. The capacity of thermal emission on general disk becomes more than on disk with holes at the distribution of temperature at first and the magnitude of equivalent stress on general disk becomes less than on disk with holes at the distribution of stress. The capacity of thermal emission or the magnitude of thermal deformation on disk with holes becomes less than that on general disk 30 minutes later. The disk with holes is worn less and more durable than general disk. The performance of cooling and braking force at disk and pad can be improved by installing the disk with holes.

Key Words : Disk with no hole and holes(일반디스크 및 타공 디스크), Heat flux(열유속), Equivalent stress(등가응력), Temperature(온도)

1. 서 론

국내에서 자동차의 설계와 관련된 많은 기술이 아직도 해외에 의존하고 있는 형편이다. 브레이크 시스템에 관한 신기술도 예외는 아니다. 브레이크 시스템은 승용차의 주행속도, 도로 조건, 하중, 패드 및 디스크의 재질과 형상, 차체의 형상 등에 맞는 최적 설계가 요구되지만, 국내의 축적된 브레이크 시스템 관련기술의 미비로 적절한 대응을 하지 못하는 실정이다. 브레이크 시스템의 부적절한 설계는 자동차 및

인명의 손상 그리고 마찰 면에서의 과도한 온도상승으로 인한 과열로 열 변형을 야기시키고, 결국에는 소음이나 진동을 유발하는 원인이 된다^[1-4]. 따라서 본 연구에서는 유한요소 프로그램인 ANSYS^[5]를 사용하여 일반 디스크 브레이크와 열 방출 성능을 향상시키기 위하여 타공한 디스크 브레이크를 상호 비교 해석하였다. 기존 연구자의 연구내용들에서 보면 주로 열 방출 성능에 대하여 주로 언급이 많이 되어 있다^[6-9]. 본 연구에서는 열 방출 성능의 해석 외에도 일반 디스크와 튜닝용 디스크의 열응력 및 변형도 해석해 보았다. 이러한 변형은 디스크의 마모를 초래하여 그 내구성에도 심각하게 영향을 준다. 연구 결과, 타공한 디스크가 일반 디스크보다 제동력이나 성능에 있어서 더 양호하다고 사료된다.

* 계명대학교 기계자동차공학과

교신저자 : 공주대학교 기계자동차공학과

E-mail : jucho@kongju.ac.kr

2. 연구 모델 조건과 해석결과

본 연구에서는 실제 사용 자동차에서의 구멍이 뚫리지 않은 일반 디스크와 구멍이 뚫린 타공 디스크를 비교하여 열 방출 성능 비교 및 마모에 의한 내구성 차원에서 비교를 하였다. 브레이크 디스크의 제원은 자동차의 종류마다 조금씩 차이가 있다. 본 연구에서는 가장 대중적인 준중형 승용 자동차의 디스크 브레이크를 모델로 사용하였다. 또한 같은 모양의 디스크에서 8mm의 구멍을 3열씩 40° 씩 기울기를 주어 9개의 구멍 그룹을 가공하고, 홈 또한 폭 3mm, 깊이 1.5mm, 길이 약 40mm로 9개의 그룹을 형성하였다. 본 연구에서는 가장 대중적인 준중형 승용 자동차의 디스크 브레이크를 연구 모델로 사용하였다. 일반용 디스크 브레이크의 형상과 메쉬들을 Fig. 1에 나타내었다.



Fig. 1 Configuration and mesh of general disk model

그리고 일반용 디스크에 구멍을 뚫어 타공한 디스크 브레이크의 형상 및 메쉬들을 Fig. 2에 나타내었다. 디스크 브레이크의 재료는 주철재로 가정하고 물성치는 Table 1과 같다.

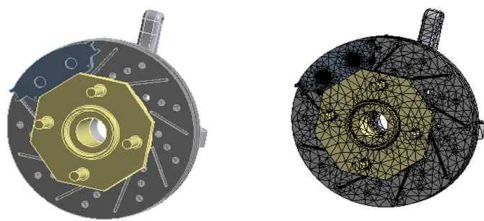
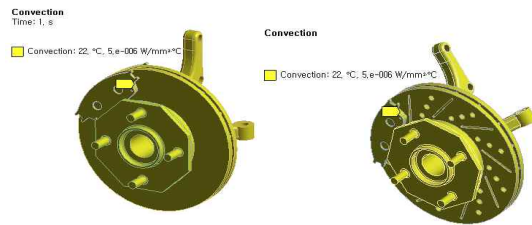


Fig. 2 Configuration and mesh of disk model with holes

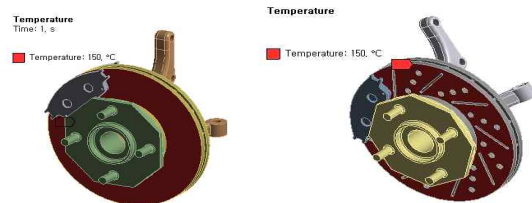
Table 1 Material property

Properties	Values
Young's modulus	$2 \times 10^5 \text{MPa}$
Poisson's ratio	0.3
Density	$7.85 \times 10^{-6} \text{kg/mm}^3$
Conductivity	$6.05 \times 10^{-2} \text{W/mm}^\circ\text{C}$
Specific heat	434J/kg°C
Thermal expansion coefficient	$1.2 \times 10^{-5} \text{1/}^\circ\text{C}$

일반 디스크와 타공한 디스크의 Node 수와 Element 수는 각각 63930, 34062개 및 80141, 42304개이다. 대류 조건과 초기 온도로서는 Fig. 3과 같이 디스크 브레이크 전체의 면에서는 대류에 의해 냉각만 되고 복사에 의한 냉각에 있어서는 그 방사율(ϵ)이 $0 \leq \epsilon \leq 1$ 로서 열전달이 극히 작아서 해석상 영향이 없다고 가정하였다. 또한 Fig. 3에서와 같이 제동시 발생하는 마찰에너지에 의해서 뜨거워진 브레이크의 온도를 150° 라고 가정하여 디스크면에 가하였다. 일반 디스크와 타공 디스크의 초기 온도와 대류 조건에서의 온도와 열 유속의 분포를 비교하여 각각 Fig. 4와 같이 나타냈다.

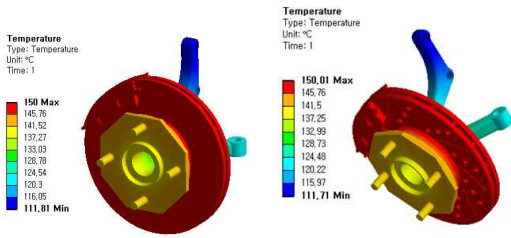


(a) Initial convection

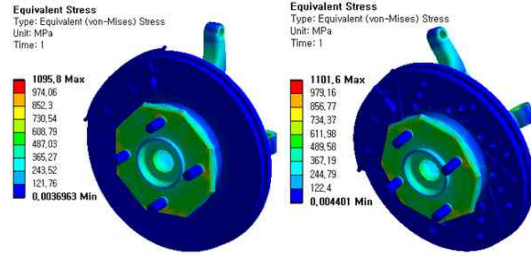


(b) Initial temperature

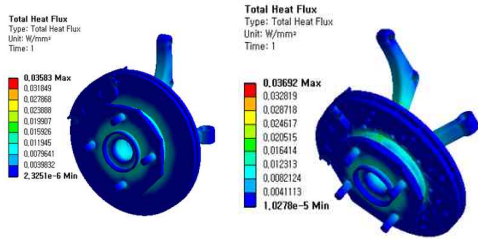
Fig. 3 Initial convection and temperature condition of disk and disk with holes



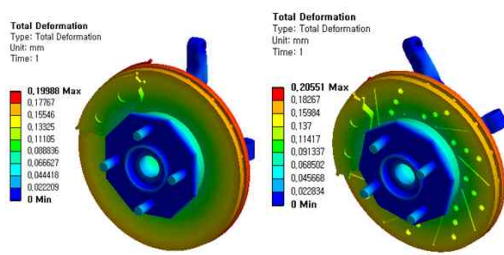
(a) Temperature



(a) Equivalent stress



(b) Total heat flux



(b) Total deformation

Fig. 4 Contour on temperature and total heat flux of disk and disk with holes

Fig. 6 Equivalent stress and total deformation at initial condition of disk and disk with holes

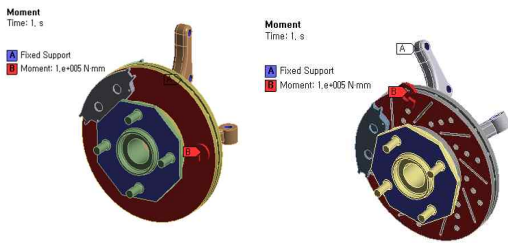


Fig. 5 Fixed condition and applied moment at disk and disk with holes

Fig. 6에서와 같이 타공 디스크가 약간 더 일반 디스크보다 등가응력이나 전변형량이 많음을 알 수 있었다. 그런 다음에 해석상 Fixed Support 및 Moment의 구속조건을 설정하고 일반 디스크 및 타공한 디스크를 30분간 대류로 자연 냉각하였다. 이때의 공냉 조건은 Fig. 7과 같다. 일반 디스크와 타공 디스크에서의 대류로 자연 냉각하여 30분 경과 후의 열 해석을 하였다. 온도와 열 유속을 비교하여 각각 Fig. 8과 같이 나타냈다.

Fig. 4에서도 볼 수 있는 바와 같이 일반 디스크와 타공 디스크는 온도와 열 유속에 있어서 초기 조건에서는 거의 같은 것을 알 수 있었다.

또한 열에 의한 구조해석 조건으로서 Fixed support 및 Moment를 설정하였다. Fig. 5에서와 같이 총 5개의 면들에서 Fixed support의 조건을 설정하였고, 디스크 면에 100000Nmm의 Moment를 가하여 주었다. 그리고 일반디스크와 타공 디스크에서 초기에서의 등가응력 및 변형량을 비교하여 각각 Fig. 6과 같이 나타냈다.

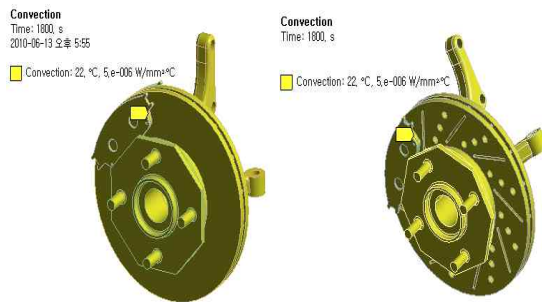
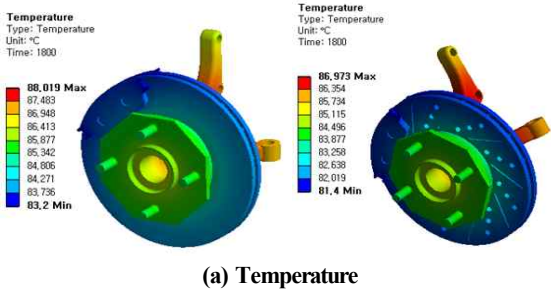
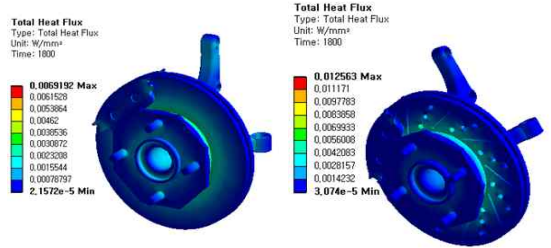


Fig. 7 Cooling condition as air convection during 30 minutes



(a) Temperature

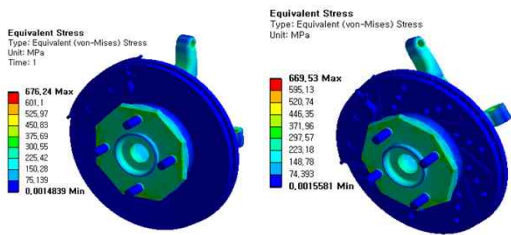


(b) Total heat flux

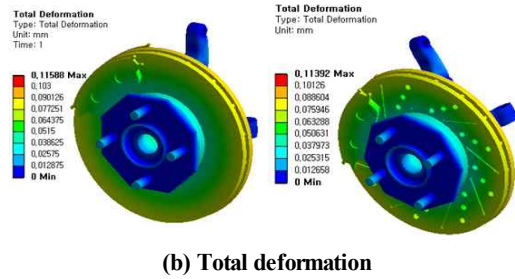
Fig. 8 Contour on temperature and total heat flux of disk and disk with holes after 30 minutes

Fig. 8과 같이 타공 디스크가 일반 디스크보다 1°C 이상 낮아지고 열 유속도 2배 가량 커져서 공냉이 더 잘 됨을 알 수 있었다. 그리고 Fig. 8에 대한 해석 결과의 그림들을 비교하여 보았을 때, 일반 디스크보다는 타공한 디스크가 대류에 의한 냉각 효과가 더 나은 것을 알 수 있다. 따라서 타공한 디스크의 표면이 일반 디스크보다 대기와 더 많이 접촉되어 열 방출 성능이 향상될 수 있었다.

또한 해석상 Fixed Support 및 Moment의 구속조건을 설정하고 일반 디스크와 타공 디스크에 대하여 30분간 대류로 자연 냉각되었을 경우를 Fig. 9와 같이 등가응력 및 전변형량으로 비교하였다.



(a) Equivalent stress



(b) Total deformation

Fig. 9 Equivalent stress and total deformation at initial condition of disk and disk with holes after 30 minutes

Fig. 9에서 볼 수 있는 바와 같이 타공 디스크의 등가응력이 일반 디스크보다 7MPa 정도 낮아지고 그에 따라 변형량도 더 작아짐을 보여서 내구성면에도 타공 디스크가 일반 디스크보다 더 향상될 수 있음을 보였다. 그리고 구멍이 뚫린 튜닝용 디스크가 구멍이 뚫리지 않은 일반 디스크보다 좀 더 작은 열 응력을 발생하여 타공한 디스크가 열 변형이 일반 디스크보다 덜 진행되는 것으로 판단된다.

따라서 자동차 운행시 초기에는 구멍이 뚫린 타공 디스크가 구멍이 뚫리지 않은 일반 디스크보다 열 방출 성능이나 열 변형 등이 좀 크지만 30분간 운행 후에 본 결과를 보면 열 방출 성능이 더 좋아지고 열 변형이 더 작아져서 그 내구성이 좋아져 일반 디스크보다는 더 오래 쓸 수 있다. 그리고 타공 디스크는 구멍 가공비가 증가하더라도 열적문제와 내구성이 우수하므로 경제성이 있다고 사료된다.

3. 결론

본 연구에서는 일반 디스크 브레이크의 열적 성능을 향상시키기 위하여 타공한 브레이크를 상호 비교 분석하여 본 바, 다음과 같은 해석 결과를 얻었다.

1. 온도 분포 결과에 있어서는 타공 디스크가 일반 디스크보다 1°C 이상 낮아지고 열 유속도 2배 가량 커져서 공냉이 더 잘 됨을 알 수 있어 일반 디스크보다 열 방출 성능이 좋다는 것을 알 수 있다.
2. 타공 디스크의 등가응력이 일반 디스크보다 7

MPa 정도 낮아지고 그에 따라 변형량도 더 작아 짐을 보여서 내구성면에도 타공 디스크가 일반 디스크보다 더 향상되어 타공한 디스크가 패드의 마모가 일반 디스크보다 덜 진행되는 것으로 판단된다.

3. 타공한 디스크의 형상이 디스크와 패드의 냉각 및 제동에 의한 내구성을 향상할 것으로 사료된다.

W., "Thermal Dissipation Performance of the Ventilated Brake Disc having Helical Grooved Vent," Journal of KSPE, Vol. 21, No. 3, pp. 117-123, 2004.

9. Kim, C. K. and Sung, B. Y., "Thermal Behavior Analysis of Disc Brake System During Quick Braking," Trans. of KSME(A), Vol. 22, No. 6, pp. 1106-1113, 1998.

참고문헌

1. Kim, H. H., Lee, S. W., Han, D. S. and Han, G. J., "A Study on Temperature Distribution of Automotive Disc according to Shape Change," 2007 Spring Conference Proceeding of KSMPE, pp. 127-132, 2007.
2. Kim, D. Y., Kim, K. H., and Choi, M. J., "The Thermal Stress Analysis of Brake Disc with The Change of Shape," Spring Conference Proceeding of KSPE, pp. 285-286, 2006.
3. Kim, C. K. and Sung, B. Y., "Thermal Behavior Analysis of Disc Brake System during Quick Braking," Trans. of KSME(A), Vol. 22, No. 6, pp. 1106-1113, 1998.
4. Kang, S. W., Kim, C. J., Lee, D. H., and Kim, H. S., "The Thermal Analysis of Brake Disc using the Solid Model and 2D Coupled Model," Transactions. of the KSAE, Vol. 11, No. 1, pp. 93-100, 2003.
5. Swanson, J., "Ansys 11.0, Ansys Inc.," U.S.A., 2008.
6. Cho, J. U. and Han, M. S., "Structural and Thermal Analysis of Disk Brake," Journal of the Korean Society of Machine Tool Engineers, Vol. 19, No. 2, pp. 211-215, 2010.
7. Ryu, M. R., Juen, H. Y., Lee, S. J., Kim, Y. H. and Park, H. S., "A Study on Friction Coefficient and Temperature with Ventilated Disk Hole Number of Motorcycle Disk Brake," Proceeding of the KAMES 2006 Joint Symposium, pp. 57-62, 2006.
8. Choi, Y., Choi, J. W., Kim, H. M. and Seo, Y.