

# 튜닝 브레이크 디스크의 성능평가 방법 개발

김경진\* · 신재호\* · 강우종\*

## Development of Test Method for Performance Evaluation of Tuning Brake Discs

Kyung Jin Kim\*, Jaeho Shin\*, Woo Jong Kang\*

*Key Words* : Brake disc(브레이크 디스크), Burnish(갈아맞춤), Effective test(효력 시험), Fade(페이드 시험), Recovery(리커버리 시험)

### ABSTRACT

Braking system is directly related to the safety of a vehicle and the brake discs are essential part of the braking system. Due to the repeated frictional forces and torque during braking, brake discs are always works at high temperature and high pressure. Furthermore, the brake disc is one of major tuning components in aftermarket, the braking performance of the brake disc should be evaluated for establishing the certification standards of tuning components. This paper proposes the test method to evaluate the performance of tuning brake discs.

### 1. 서론

자동차의 브레이크 시스템은 고속으로 회전하는 휠 디스크에 브레이크 패드를 접촉시켜 마찰을 발생시키면서 차량을 감속시키는 역할을 한다<sup>(1)</sup>. 자동차가 제동할 때마다 디스크와 패드의 마찰에 의해 접촉면에서의 열 발생과 방열과정이 반복되며, 이때 디스크는 일반적으로 700도 이상의 고온으로 가열되었다가 다시 냉각되는 현상이 발생한다<sup>(2)</sup>. 따라서 자동차의 안전에 가장 중요한 역할을 하는 브레이크 디스크는 가혹한 작동조건에서 일정한 제동 성능을 항상 유지해야 한다. 한진 등은 브레이크 디스크의 산질화 처리에 의해 질화층이 형성된 제동면이 자동차의 제동성능에 미치는 영향에 대해 연구하였고<sup>(3)</sup>, 박진택 등은 디스크 브레이크의 편마모 저감을 위한 브레이크 패드의 마찰재 형상 강건 설계에 대한 연구<sup>(1)</sup>를 수행하였다.

또한 류미라 등은 알루미늄으로 제작한 디스크의 성능

실험 및 이론적인 해석 결과를 비교 분석하였으며<sup>(4)</sup>, 이수기 등은 브레이크 디스크의 변형에 의한 소음 진동을 최소화하기 위한 벤틸레이티드 디스크의 최적설계를 수행하였다<sup>(5)</sup>. 최근까지 브레이크 디스크에 관한 연구는 디스크 단품의 설계에 대한 연구가 주로 이루어져 왔고, 브레이크 디스크의 제동 성능 평가에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 또한, 최근에는 자동차의 제동능력 향상, 운전자의 개성 표현 등의 이유로 튜닝 브레이크 디스크를 장착하는 경우가 증가하고 있으며, 정부의 튜닝시장 활성화 방안 발표 및 자동차 튜닝산업 진흥대책 등으로 자동차 튜닝 시장과 관련 부품개발 연구 분야에 많은 관심이 집중되고 있다. 하지만, 튜닝 브레이크 디스크의 성능 평가를 위한 국내 기준은 아직 미흡한 실정으로 튜닝 브레이크 디스크의 인증기준 및 성능평가 기술개발 연구가 요구되고 있는 실정이다.

### 2. 디스크 튜닝의 종류

주로 이루어지는 차량의 브레이크 디스크 튜닝은 디스

\* 경일대학교 기계자동차학부  
E-mail : kkj@kiu.ac.kr

크기 증가, 디스크 재질 변경, 디스크 냉각 방식 변경, 디스크 가공 등으로 구분된다.

### 2.1. 디스크의 크기 튜닝

브레이크 디스크를 순정보다 더 직경이 큰 제품으로 교체하면, 같은 마찰력으로도 더 높은 제동력을 얻을 수 있다. 단, 브레이크 디스크는 휠 안쪽에 위치하게 되므로 휠의 크기에 비해 너무 큰 디스크는 장착하는 것이 불가능하다.

### 2.2. 디스크의 재질 튜닝

일반적으로 브레이크 디스크는 주철 합금 재질로 제작되지만 고가의 튜닝 브레이크 디스크는 세라믹이나 카본으로 제작되는 경우도 있다. 세라믹이나 카본 재질은 주철 재질에 비해 내열 한계가 높아 강력한 제동에도 성능을 유지하고, 고열에 의한 디스크 변형이 적고, 주철 디스크에 비해 무게가 가벼운 것이 장점이지만 가격이 비싸다.

### 2.3. 디스크의 냉각 방식 튜닝

디스크 중간에 공기가 통하는 구멍을 뚫어 놓은 것이 벤틸레이티드 디스크이고, 반대로 구멍이 없는 것은 솔리드 디스크라고 한다(Fig. 1). 최근 차량의 성능이 좋아짐에 따라 벤틸레이티드 디스크로 튜닝하는 경우가 증가하고 있으며, 솔리드 디스크에 비해 냉각이 빨라 브레이크 파열을 막아주는 효과가 있다.

### 2.4. 디스크 가공 튜닝

디스크에 곡선 홈을 가공하거나, 일정한 간격으로 구멍을 내어 패드와 디스크가 서로 마찰할 때 발생하는 분진이나 가스 등을 신속하게 배출하여 제동력을 유지시키는 효과를 발생시키고, 또한 디스크의 공기 접촉 면적이 넓어져 열을 쉽게 배출하게 된다(Fig. 2). 다만 타공을 하는 경우



Fig. 1 Examples of solid and ventilated discs

디스크의 내구성이 저하되어 크랙이 생기기 쉬워지는 단점이 있고, 홈 가공은 패드가 빨리 닳는 단점이 있다.

### 3. 튜닝용 브레이크 디스크의 평가 기준 개발

자동차 제동 시 브레이크 패드와 디스크의 접촉에 의해 온도가 급상승하므로, 디스크의 고장 형태는 대부분 디스크와 마찰재 사이에서 발생하는 마찰열에 의한 열변형, 마모 등에 의한 크랙, 파손, 소음 등이기 때문에 튜닝 브레이크 디스크의 인증 기준도 위와 같은 고장 모드를 사전에 감지하여 예방할 수 있는 시험을 포함하도록 제정되어야 한다. 국내·외의 다양한 브레이크 관련 시험 규정은 대부분 브레이크를 시스템으로서 실차 수준에서 테스트를 실시하는 규정이 대부분이고 브레이크 디스크 단품의 성능평가와 직접적으로 관련 있는 규정은 Table 1



Fig. 2 Examples of discs with holes

Table 1 Standards for Brake Discs

JASO C406	Passenger car - Braking device - Dynamometer test procedures
FMVSS 105	Hydraulic and electric brake systems
KS R 1115	승용차용 브레이크 마찰재의 다이내미터 성능시험방법

Table 2 Tests for Brake Discs

갈아맞춤 (Burnish)	패드와 브레이크 디스크 사이에 충분한 접촉면을 확보하기 위하여 수행하는 예비 제동 시험
효력시험 (Effectiveness)	계측 온도에서 브레이크 디스크의 효력을 일련의 순서로 조사하는 시험
페이드 (Fade)	몇 차례의 연속 제동에 의해 변화하는 브레이크 디스크의 효력을 일련의 순서로 조사하는 시험
리커버리 (Recovery)	페이드 시험에서 열에 의해 변화한 브레이크 디스크의 효력 회복 정도를 일련의 순서로 조사하는 시험
워터 리커버리 (Water Recovery)	브레이크 디스크가 물에 젖은 경우 통상의 마찰 계수를 확인하는 시험

과 같다. 세 가지 규정 모두 다이내모미터를 사용하여 브레이크 디스크의 열적 성능 및 제동 성능을 평가하는 테스트로 구성되어 있으며, Table 2에 나타난 테스트를 일련의 순서에 따라 반복 수행하도록 구성되었다.

본 연구에서 제시하고자 하는 자동차 튜닝용 브레이크 디스크의 성능평가 기준은 기본 성능에 중점을 두었으며 시장에 유통되고 있는 튜닝용 브레이크 디스크의 안전성 평가를 위한 현실적인 기준을 마련하는데 초점을 맞추었다.

튜닝용 브레이크 디스크의 성능 평가 기준의 개발을 위해서 일반적으로 튜닝을 하는 운전자는 목표하는 제동 성능 향상에 최우선 순위를 두고, 내구성은 크게 고려하

지 않으며, 브레이크 성능 향상을 위해 마찰 계수 증가 등으로 사용 환경이 더욱 가혹해짐에 따라 순정 부품에서 요구되는 수준의 내구성능을 위한 테스트는 튜닝 디스크

Table 3 Comparisons of standards for brake discs

시험 항목	JASO C406	FMVSS 105	KS R 1115	튜닝 디스크
1. 초기 계측	○	○	○	○
2. 갈아맞춤 전 점검	○	○	○	○
3. 제 1 효력 시험	○	○	○	○
4. 갈아맞춤	○	○	○	○
5. 제 2 효력 시험	○	○	○	○
6. 제 1 재갈아맞춤	○	○	○	○
7. 비상 브레이크 시험	○	X	X	X
8. 제 1 페이드 리커버리 시험	베이스 라인점검	○	○	○
	페이드 시험	○	○	○
	리커버리 시험	○	○	○
	효력점 점검	○	X	X
9. 제 2 재갈아맞춤	○	○	○	○
10. 제 2 페이드 리커버리 시험	베이스 라인점검	○	○	○
	페이드 시험	○	○	○
	리커버리 시험	○	○	○
11. 제 3 재갈아맞춤	○	○	○	○
12. 제 3 효력 시험	○	○	○	○
13. 제 4 재갈아맞춤	○	○	○	○
14. 워터 리커버리 시험	베이스 라인점검	○	○	○
	침수	○	○	○
	리커버리 시험	○	○	○
15. 최종 계측 및 점검	○	○	○	○

Table 4 Test procedures for evaluation of brake discs

종 목	제동 초속도 (km/h)	제동 간격 (초)	제동 감속도 (G)	제동횟수 (회)	
1. 초기 계측	패드 및 디스크 두께 측정				
2. 갈아맞춤 전 점검	50	120	0.3	10	
3. 제 1 효력 시험	50 100	-	0.1~0.8	각 제동 초속도에 대하여 6점 이상	
4. 갈아맞춤	65	-	0.35	200	
5. 제 2 효력 시험	50 100 130	-	0.1~0.8	각 제동 초속도에 대하여 6점 이상	
6. 제 1 재갈아맞춤	4.의 갈아맞춤을 반복한다. 다만 횟수는 35회로 한다.				
7. 제 1 페이드 리커버리 시험	베이스 라인점검	65	-	0.3	3
	페이드 시험	130	35	0.45	10
	리커버리 시험	65	120	0.3	12
8. 제 2 재갈아맞춤	6.의 제 1 재갈아맞춤을 반복하여 실시한다.				
9. 제 2 페이드 리커버리 시험	베이스 라인점검 점검	50	-	0.3	3
	페이드 시험	100	35	0.45	10
	리커버리 시험	50	120	0.3	12
10. 제 3 재갈아맞춤	6.의 제 1 재갈아맞춤을 반복하여 실시한다.				
11. 제 3 효력 시험	5.의 제 2 효력 시험을 반복하여 실시한다.				
12. 제 4 재갈아맞춤	6.의 제 1 재갈아맞춤을 반복하여 실시한다				
13. 워터 리커버리 시험	베이스 라인점검	50	-	0.3	3
	침수	브레이크 120초간 충분히 물에 담는다.			
	리커버리 시험	50	60	0.3	15 이상
14. 최종 계측 및 점검	디스크 두께 및 크랙, 비틀림, 찌그러짐 등				

에는 적합하지 않은 것으로 판단된다. 또한 디스크 제조 업체의 입장도 반영하여 테스트에 과도한 비용과 시간이 소요되는 내구 성능 테스트는 불필요하다고 판단되어, 튜닝용 브레이크 디스크 인증 평가 기준에서는 내구성능 테스트는 포함하지 않고, 사용자의 안전을 보장할 수 있는 성능 평가 기준을 바탕으로 개발하였으며, 가능한 국제 규격과 어긋나지 않고, 브레이크 디스크의 안전성을 확보할 수 있는 평가방법을 개발하는데 주안점을 두었다. 개발된 튜닝용 브레이크 디스크의 평가 방법과 Table 1에 나타난 규정과의 간단한 비교는 Table 3과 같다.

Table 3의 국내외 규격에서 시험의 순서 및 방법에 큰 차이는 없지만, 온도, 제동 감속도 등의 수치에서 차이가 있다.

본 연구에서 제시한 튜닝용 브레이크 디스크의 성능 평가 방법의 세부 내용은 Table 4와 같다.

#### 4. 튜닝용 브레이크 디스크의 성능 시험

대표적인 튜닝 디스크 타입인 벤틸레이티드 디스크와 순정 디스크, 그리고 저가형 디스크에 대하여 1회씩, 총 3개의 디스크에 대해 개발된 브레이크 디스크의 성능 시

험을 실시하였다. 성능 시험에서 사용된 브레이크 캘리퍼와 브레이크 패드는 디스크의 크기에 맞는 순정 부품을 사용하였다. 아래의 Table 5는 시험에 사용된 디스크 샘플의 종류와 형상이고, Fig. 3은 다이내모미터를 이용한 브레이크 디스크의 성능 시험 모습이다.

앞의 세 가지 고급형(A), 순정형(B), 저가형(C) 디스크를 테스트한 결과, 모든 샘플이 모두 성능에 영향을 줄 만한 균열, 크랙, 비틀림 등의 결함이 발견되지 않았다. 또한 본 연구에서 성능 평가의 판단기준으로 정한 DTV(Disc Thickness Variation)를 다음의 그림 Fig. 4의 위치에서 측정한 결과, A, B, C 샘플의 DTV가 모두 15 μm 이하로서 합격 수준에 도달하였다. Table 6~8에 각각의 샘플의 DTV 분포를 나타내었다.

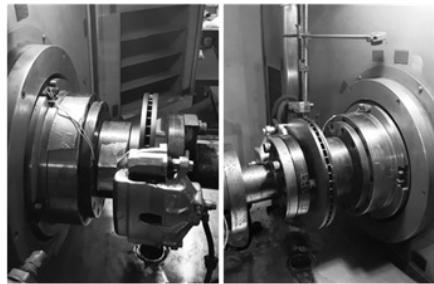
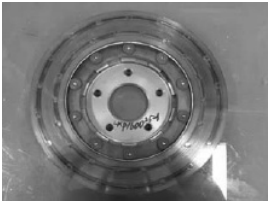
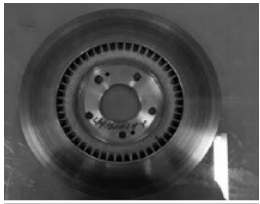



Fig. 3 Test equipment for brake discs

Table 5 Test samples of brake disc

디스크의 종류	형상	크기 (inch)
A. 고급형 (벤틸레이티드)		17
B. 순정형		17
C. 저가형 (중국산)		15

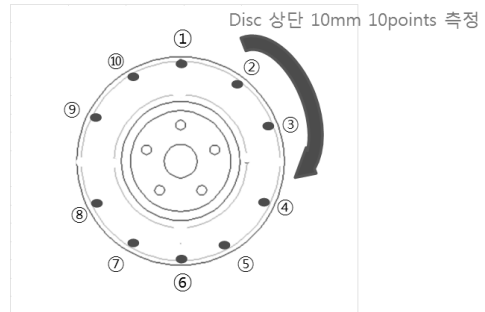


Fig. 4 Points for measurement of DTV in discs

Table 6 DTV in disc sample A

Point	1	2	3	4	5	6
Initial	28.663	28.663	28.661	28.661	28.662	28.663
Final	28.656	28.656	28.655	28.653	28.653	28.654
Point	7	8	9	10	Avg	DTV
Initial	28.662	28.664	28.663	28.663	28.662	0.002
Final	28.654	28.654	28.654	28.654	28.654	0.003

Table 7 DTV in disc sample B

Point	1	2	3	4	5	6
Initial	27.918	27.918	27.920	27.919	27.919	27.918
Final	27.915	27.914	27.914	27.913	27.915	27.915
Point	7	8	9	10	Avg	DTV
Initial	27.918	27.917	27.917	27.917	27.918	0.003
Final	27.915	27.914	27.914	27.914	27.914	0.002

Table 8 DTV in disc sample C

Point	1	2	3	4	5	6
Initial	25.992	25.991	25.992	25.990	25.993	25.993
Final	25.988	25.988	25.987	25.987	25.988	25.987
Point	7	8	9	10	Avg	DTV
Initial	25.993	25.992	25.991	25.991	25.992	0.003
Final	25.987	25.986	25.986	25.987	25.987	0.002

## 6. 결론

본 연구를 통해서 브레이크 디스크에 관련된 다양한 국내외 규격 및 디스크 제조업체의 시험 규격 등을 비교 분석하여 기본적인 제동 성능 및 안전을 보장할 수 있는 튜닝용 브레이크 디스크의 성능 평가 기준을 제시하였고, 고가형, 순정형, 저가형 디스크에 개발된 성능 평가 방법을 적용하여 제안된 성능 평가 방법이 적절함을 확인하였다.

## 후 기

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원(연구과제명: 자동차 튜닝부품 인증기준 및 성능평가 기술개발)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- (1) 박진택, 최낙삼, 2012, “디스크 브레이크의 편마모 저감을 위한 브레이크 패드의 마찰재 형상 강건설계,” 한국자동차공학회논문집, 제20권, 제1호, pp. 77~87.
- (2) Pevec, M., Oder, G. Potrc, I. and Sraml, M., 2014, “Elevated temperature low cycle fatigue of grey cast iron used for automotive brake discs,” Engineering Failure Analysis, Vol. 42, pp. 221~230.
- (3) 한진, 김광윤, 이학인, 이정주, 2014, “브레이크 디스크의 산질화처리가 부식지연 및 제동특성에 미치는 영향에 관한 연구,” 자동차안전학회지, 제7권, 제2호, pp. 19~24.
- (4) 류미라, 이대희, 이성범, 박정호, 심재준, 2013, “알루미늄 디스크 브레이크의 성능 실험 및 해석에 관한 연구,” 한국기계공학회지, 제12권, 제6호, pp. 60~68.
- (5) 이수기, 성부용, 하성용, 2000, “벤틸레이티드 디스크 브레이크 로터의 최적설계,” 대한기계학회 논문집 A권, 제24권, 제3호, pp. 593~602.