

비석면 마찰재의 주철제 드럼에 대한 마멸 평가

Wear Assessment for Non-asbestos Friction Material against Cast Iron Drum

한 성 호*, 이 성 만**, 신 두 식***, 김 석 삼****

* 삼성자동차(주)

** 주성전문대학 자동차학과

*** 상신브레이크(주) 연구부

**** 경북대학교 기계공학과

Abstract

Friction and wear test for non-asbestos material against cast iron drum were carried out to investigate the friction and wear characteristics of brake system. Its friction coefficient and wear volume were measured and compared with those of asbestos friction material. The experiment was performed under room temperature and various sliding conditions. After each experiment, the surfaces of friction materials were observed by SEM.

Key Words : Non-asbestos Friction Material(비석면 마찰재), Asbestos Friction Material(석면 마찰재), Cast Iron Drum(주철제 드럼), Friction Characteristics(마찰특성)

1. 서 론

자동차에서 브레이크 장치는 차량의 운동에너지를 마찰에 의해 열에너지로 변환시켜 이 열을 대기중으로 방출하므로써 차량을 감속시키거나 정지시키는 역할을 하는 안전장치이며, 주로 디스크 브레이크(disc brake)와 드럼 브레이크(drum brake)가 사용되고 있으며, 그 특성이 유지될 수 있도록 규정하고 있다.⁽¹⁻⁵⁾ 마찰적인 로터(디스크 또는 드럼)와 마찰재(패드 또는 라이닝)사이의 마찰에 의해 마찰력(즉 제동력)이 발생하게 되나, 이때 마찰열이 발생하여 접촉부를 과열시키게 되면 마멸촉진, 마찰면 손상등으로 부품의 수명을 단축시키게 되거나 마찰계수의 급격한 저하에 따른 페이드(fade)현상으로 인하여 제동기능을 잃어버리게 되는 위험한 경우도 발생할 수도 있으며 이에

대한 연구가 많이 이루어지고 있다.⁽⁶⁻¹⁰⁾ 특히 상용차량에 있어서 과적과 과속이 빈번하며 최근 도로교통의 혼잡으로 제동회수 및 급제동 빈도의 증가로 인하여 브레이크 장치의 사용조건이 더욱 가혹화되어가고 있는 실정이다.

브레이크 로터 재질은 주로 회주철(GC250)을 사용하고, 마찰재는 유기매트릭스계, 소결합금계, 탄소/탄소 복합재계, 세라믹스계 등 4가지로 분류할 수 있으며 자동차용으로는 유기매트릭스계가 주로 사용되고 이는 다시 석면계와 비석면계로 나눌 수 있다. 석면계의 경우 마찰계수가 비교적 안정되어 있으며 제조원가가 저렴하여 종래에 널리 사용되어 왔지만 석면섬유의 인체유해성(폐질환, 발암성 등)으로 인하여 세계 각국이 석면 사용을 규제하고 있어 이에 적합한 비석면 마찰재가 대체 개발되어 실용화되어 가고 있다.⁽¹¹⁾

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of specimen(GC250)

Chemical element composition (wt%)	total C	Cr	Mn	Si	P	S	Ti	V
	3.44	0.12	0.68	2.06	0.055	0.03	0.02	0.01
Mechanical properties	Tensile strength(N/mm ²)				Hardness(Hv)			
	250 이상				187 ~ 241			

Table 2 Friction materials properties

구분	Specific gravity	Hardness(HRS)
Nonasbestos (SD702)	1.90 ± 0.1	60 ~ 70
Asbestos (S410C)	1.80 ± 0.1	56 ~ 64

본 연구에서는 상용차에 사용되고있는 주철제 브레이크 드럼과 최근 개발된 상용차용 비석면 마찰재를 사용하여 상온에서 마찰,마멸실험을 수행하여 마찰계수, 마멸량등 마찰특성을 석면 마찰재와 비교평가하고자 한다.

2. 실험

(1) 실험장치 및 시험편

본 실험에 사용된 마찰,마멸시험기는 선반을 이용하여 회전하는 디스크에 마찰재를 접촉시켜 마찰운동하는 기구(pin-on-disc type) 형태로 설계, 제작하였다.

실험에 사용된 디스크 시편은 상용차에 사용되고 있는 브레이크 드럼 재질과 동일하며 크기는 직경 Ø110, 두께 7mm고 화학적 조성과 기계적 성질은 Table 1과 같다. 상대시편인 마찰재는 비석면 마찰재(SD702)와 석면 마찰재(S410C)의 2가지이며, 15×15×5mm 크기이고 비중과 경도는 Table 2와 같다.

(2) 실험방법

본 실험은 디스크의 경우 초음파세척 → 건조 → 마찰,마멸실험 → 초음파세척 → 건조 → 현미

경관찰 → 표면거칠기측정 순으로 진행하였으며, 마찰재의 마멸량은 실험 후 표면을 청결하게하여 상온에서 전자저울로 측정하였다.

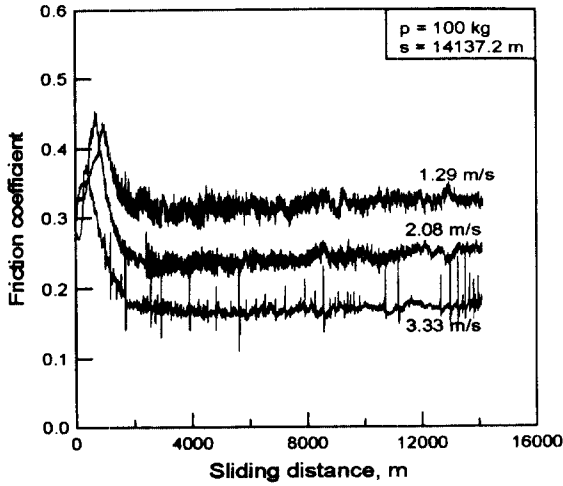
마찰,마멸실험은 회전하는 디스크에 고정된 마찰재를 압착하여 미끄럼 마찰운동을 시켰다. 마찰재에 작용시킨 하중은 25, 50, 75, 100Kg의 4종류이며, 미끄럼 속도는 1.29, 2.08, 3.33m/s의 3종류이다. 이때 미끄럼 거리는 4712.4, 9424.8, 14137.2m의 3종류를 택하였는데, 여기서 4712.4m는 JIS D 4411의 마멸시험에서의 마찰거리(5000회전)에 상당하는 거리이다.⁽⁵⁾

마멸면은 금속현미경으로 1차관찰을 실시하였으며, 주사형전자현미경(SEM)으로 미시적 관찰을 실시하였다. 마찰면의 온도측정은 JASO에 규정되어있는 온도측정방법을 사용하였다.⁽⁴⁾ 열전대(Alumel-Chromel Thermocouple, K type)에 8×8×0.5mm 크기의 은판을 부착하여 마찰면에 스프링으로 가압하였으며, 이때 발생하는 온도는 3~5℃이었다.

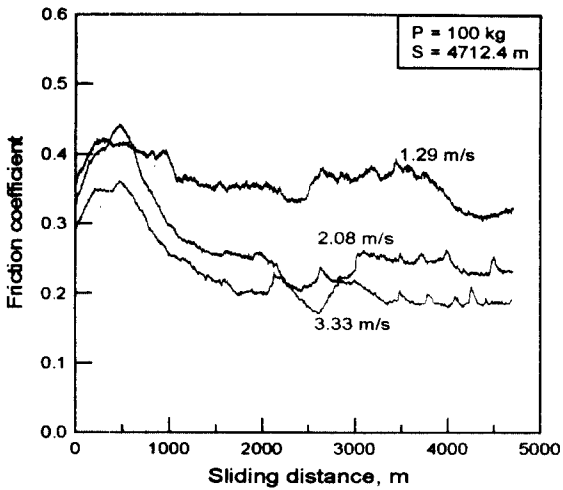
3. 실험결과 및 고찰

1) 마찰재의 마찰특성 비교

Fig. 1은 하중을 100Kg으로 일정하게 유지하고



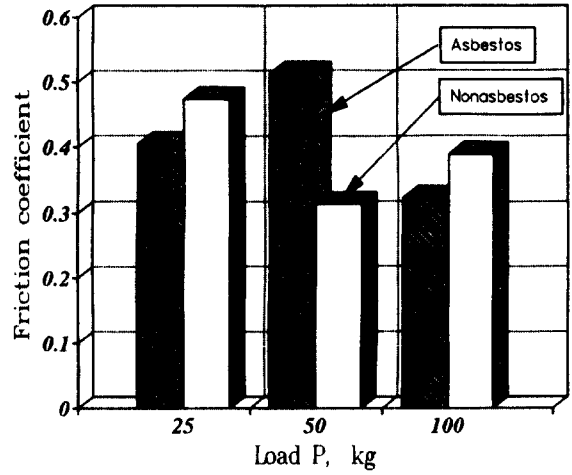
(a) Asbestos



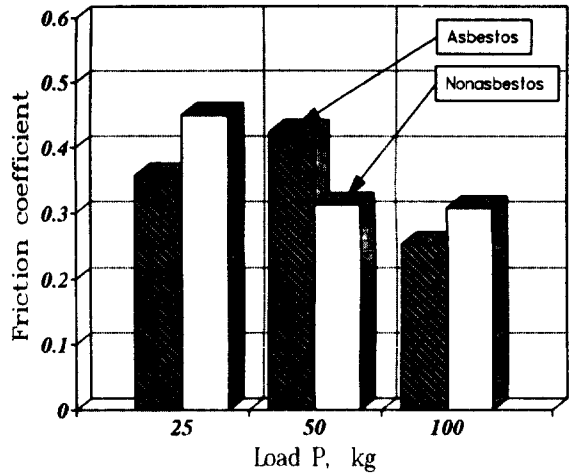
(b) Non-asbestos

Fig. 1 Friction coefficient as a function of sliding distance

미끄럼 속도를 1.29, 2.08, 3.33m/s로 변화시켰을 때 미끄럼 거리에 따른 석면 마찰재와 비석면 마찰재의 마찰계수 변화를 나타낸 것이다. Fig. 1 (a)에서 석면 마찰재의 경우 미끄럼 속도가 증가함에 따라 정상상태의 마찰계수가 0.32, 0.25, 0.17로 떨어져 거의 일정한 값을 보이고 있다. Fig. 1(b)에서 비석면 마찰재의 경우 일정한 값을 나타내고 있지는 않으나 석면 마찰재의 경우보다 다



(a) $v=1.29\text{m/s}$, $s=14137.2\text{m}$



(b) $v=2.08\text{m/s}$, $s=14137.2\text{m}$

Fig. 2 Average friction coefficient as a function of friction load

소 높은 값을 보이고 있다. 이러한 이유는 석면 마찰재의 경우 석면이 주된 마찰작용을 하지만 비석면 마찰재의 경우 여러 원소들의 온도에 따른 조성비와 결합환경의 변화등에 기인한 결과로 생각된다.

Fig. 2는 미끄럼 거리가 14137.2m이고 미끄럼 속도가 각각 1.29m/s, 2.08m/s일 때 하중에 따른 2종류 마찰재의 평균 마찰계수를 비교한 것이다.

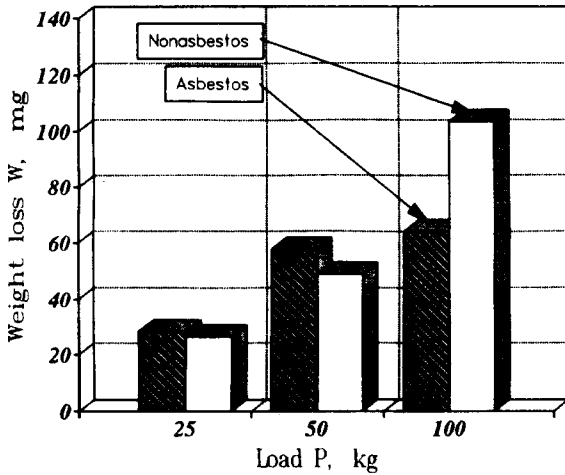


Fig. 3 Weight loss of friction material as a function of friction load($v=3.33\text{m/s}$, $s=9424.8\text{m}$)

Fig. 2(a)에서 저속에서는 하중변화에 관계없이 2종류 마찰재 모두 제동에 필요한 적정 마찰계수인 0.3이상의 값을 가진다. 그러나 Fig. 2(b)에서 미끄럼 속도가 증가하면 비석면 마찰재는 고압(100Kg)에서 적정 마찰계수를 가지나 석면 마찰재는 0.25 수준으로 감소한다. 이로부터 고속 급제동시 석면 마찰재의 경우는 브레이크 밀립 현상이 발생할 수 있으나 비석면 마찰재는 안정된 제동성능을 발휘하게됨을 예측할 수 있다. 또한 하중변화에 따른 마찰계수 변화폭도 비석면 마찰재의 경우가 작으므로 비석면 마찰재가 마찰성능이 우수함을 알 수 있다.

2) 마찰재의 마멸특성 비교

Fig. 3은 미끄럼 속도가 3.33m/s, 미끄럼 거리가 9424.8m일 때 하중 변화에 따른 2종류 마찰재의 마멸량을 나타내고 있다. 비석면 마찰재의 경우 중저압에서는 마멸특성이 우수하나 고압(100Kg)에서는 마멸량이 급속히 증가하여 불량함을 알 수 있다. 그러나 실사용 조건에서 일반적인 제동조건인 중저압에서 마멸특성이 우수한 것이 바람직하며, 급제동 조건인 고압의 경우 그 빈도수가 크지 않으므로 전반적인 마찰재의 수명은 비석면 마찰재가 우수하다고 판단된다.

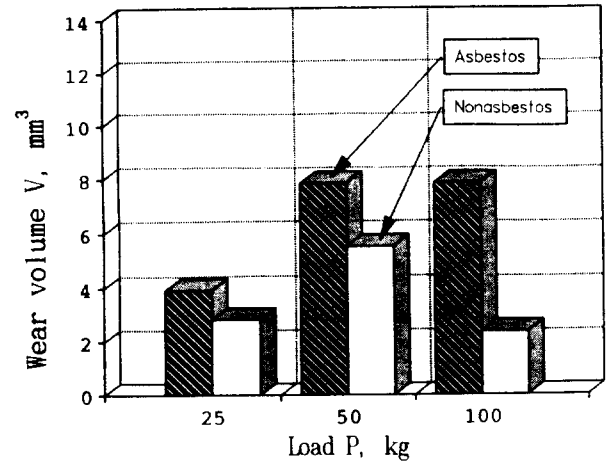


Fig. 4 Wear volume of disc as a function of friction load($v=3.33\text{m/s}$, $s=9424.8\text{m}$)

3) 디스크의 마멸특성 비교

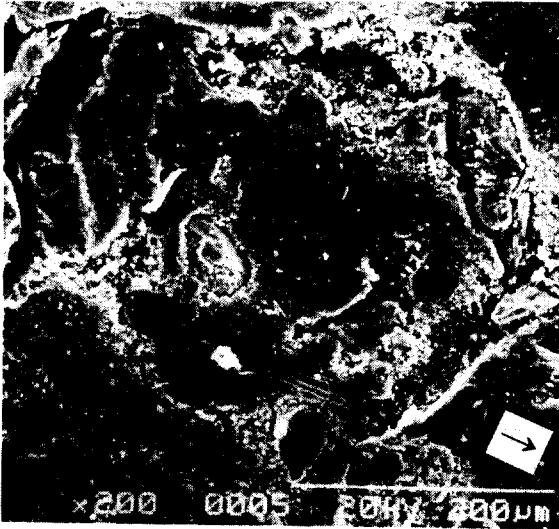
Fig. 4는 미끄럼 속도가 3.33m, 미끄럼 거리가 9424.8m일 때 하중 변화에 따른 디스크의 마멸량을 나타내고 있다. 모든 하중범위에서 석면 마찰재의 경우가 디스크의 마멸량이 더 크게 나타나므로 비석면 마찰재를 적용할 경우 드럼의 수명을 더욱 연장시킬 수 있음을 알 수 있다.

4) 마찰재의 미시적 관찰

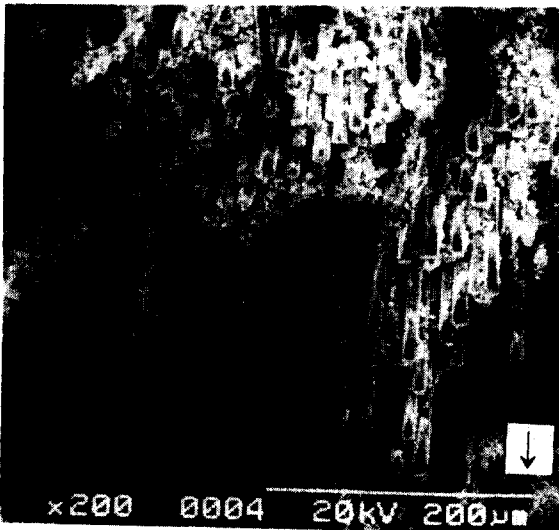
Fig. 5는 미끄럼거리 14137.2m, 하중 50Kg, 미끄럼 속도 2.08m/s로 실험한 후 2종류 마찰재에 대한 SEM사진이다. Fig. 5(a)의 석면 마찰재의 경우 마멸은 매트릭스를 구성하고 있는 석면이 온도상승으로 인하여 결합력이 약화되어 탈락되는 형태를 나타내며, Fig. 5(b)의 비석면 마찰재의 경우 마멸은 여러 가지 유기섬유들은 온도상승으로 탄화되어 탈락되고 유리섬유는 디스크와의 마찰로 인하여 마멸되는 현상을 보이고 있다.

4. 결론

본 연구에서 비석면 마찰재의 마찰 및 마멸특성을 평가하기 위하여 주철제 디스크를 사용하여 마찰실험을 수행하였으며 석면 마찰재의 경우와



(a) Asbestos



(b) Non-asbestos

Fig. 5 SEM photograph of a worm surface of friction materials ($s=14137.2m$, $p=50Kg$, $v=2.08m/s$)

비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 비석면 마찰재가 석면 마찰재에 비해 미끄럼 거리 증가시 정상상태의 마찰계수 변동 폭이 크게 나타나지만 전반적으로 우수한 마찰특성을 나타낸다.
- 2) 비석면 마찰재의 마멸량은 고하중에서 석면 마

찰재보다 크게 나타나지만 중저하중에서 석면 마찰재보다 적으므로 실사용 조건에서의 수명이 우수할 것으로 판단된다.

- 4) 비석면 마찰재를 사용한 경우 디스크의 마멸량은 석면 마찰재를 사용한 경우보다 적게 나타나 디스크의 수명을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

References

1. KS R 4024, "자동차용 브레이크 라이닝", 한국공업규격, 1985.
2. KS D 4301, "회주철품", 한국공업규격, 1990.
3. KS R 1099, "자동차용 브레이크 라이닝 및 디스크 브레이크 패드의 비중 시험 방법", 한국공업규격, 1990.
4. JASO C 418, "Brake Lining Friction Characteristics Test Procedure", 일본 자동차기술회, 1977.
5. JIS D 4411, "Brake Linings for Automobiles", 일본 공업규격, 1994.
6. R. Limpert, "An Investigation of Thermal Conditions Leading to Surface Rupture of Cast Iron Rotors", SAE Paper NO.720447, 1972.
7. S. K. Rhee, R. T. Ducharme and W. M. Spurgeon, "Characterization of Cast Iron Friction Surfaces", SAE Paper No.720056, 1972.
8. J. D. Rinbolt, "Effect of Disk Material Selection on Disk Brake Rotor Configuration", SAE Paper No.750733, 1975.
9. S. S. Kim, K. H. Lee and S. M. Lee, "An Analysis on Surface Cracking due to Thermomechanical Loading", 한국윤활학회지, 제11권, 제5호, pp.172-176, 1995.
10. R. W. Kickel, "Conditions Upsetting Brake Lining and Drum Compatibility", SAE Paper No.670501, 1967.
11. T. Mibe, "自動車用ブレーキ材料の現状と将来", 日本自動車技術, Vol.44, No.1, pp.68-73, 1990.