

운행 자동차에 대한 정적 및 동적 제동력 검사 시스템의 제동력 특성 비교

오 상 엽*

경북대학교 자동차공학부

Comparison in Braking Force Characteristics for the Static and Dynamic Braking Force Inspection System about Vehicles in Service

Sangyeob Oh*

School of Automotive Engineering, Kyungpook National University, Gyeongsbuk 742-711, Korea
(Received 25 February 2015 / Revised 18 March 2015 / Accepted 30 March 2015)

Abstract : Braking force inspection of vehicles in service is certainly one of the most important characteristics that affect vehicle safety. Up to now, in domestic country, the regular safety inspection of vehicles in service has been tested with a roller type brake test (a static braking force inspection system). But, in EU and USA etc. in recent years, it has been tested with a plate type brake test (a dynamic braking force inspection system). In this study, to compare the characteristics of above two test systems, the correlations for the results of braking force are evaluated statistically. As the results, in the case of main braking force, the range of the R^2 of the deviation for the left and right side is 0.5386 ~ 0.6231 in the rear axle and 0.0032 ~ 0.0052 in the front axle respectively, then the R^2 in the front axle is lower than that in the rear axle and the total variation is unexplained by the least-squares regression line statistically. Also, the p-value for the deviation of the left and right in the front axle is 0.4839 ~ 0.5755, then it has nonsignificant in the front axle. Therefore, the static braking force inspection system can not reflect the inertia force that there is a load transfer from the rear axle to the front axle during braking. Accordingly, it is necessary to adopt the dynamic braking force inspection system which can reflect the inertia force on the regular vehicle safety inspection in domestic country.

Key words : Vehicle in service(운행 자동차), Dynamic braking force inspection(동적 제동력 검사), Static braking force inspection(정적 제동력 검사), p-Value(유의확률), The coefficient of determination(R^2 , 결정계수)

1. 서론

자동차의 제동 성능은 자동차의 안전 운행에 영향을 주는 매우 중요한 특성이라고 할 수 있다. 최근 교통안전에 대한 관심이 증가함에 따라, 제동 성능을 개선하고자 하는 많은 연구를 해오고 있다.¹⁻⁶⁾ 그러나 대부분의 연구는 제작 자동차에 대한 제동 성능에 집중되어 있으며,⁷⁻¹⁵⁾ 실제 운행 자동차의 제동력에 관련된 연구는 거의 없는 실정이다.¹⁶⁾

Fig. 1에는 2001년부터 최근 까지 연도별 국내 자

동차 사고건수와 자동차 등록대수를 각각 나타내었다.¹⁷⁾ 자동차 등록대수는 매년 급격히 증가하여 2014년 말 기준 2011만대에 달하였다. 자동차 사고건수로는 2013년 말 기준 자동차 1만대당 2.2건, 인구 10만명당 10건으로서 매년 점차 감소하는 경향을 보였다.

아울러 2011만대에 달하는 운행 자동차에 대한 안전운행은 운전자 각 개인에게 매우 중요한 문제가 되었다. 특히, 제동장치 결함에 대한 대법원 판례의 연구¹⁸⁾에서는 제동장치 결함으로 인한 운전자 무과실, 제동장치 작동 여부 심리미진 및 운전자의 제

*Corresponding author, E-mail: syoh@knu.ac.kr

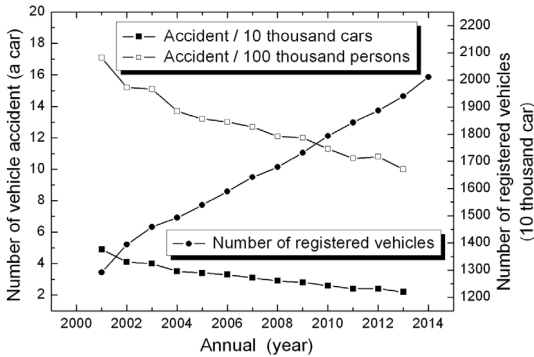


Fig. 1 Number of vehicle accidents and registered vehicles per annual

동장치 일상 점검 의무 등에 대한 판례를 고찰하였으며, 운전자로 하여금 제동장치 안전 인식을 강조한 바도 있다.

한편, 운행 자동차에 대한 국내 정기 자동차검사 제도는 1995년(자동차관리법)부터 지금까지 교통안전공단과 승인된 민간검비업체에서 안전 및 배출가스검사를 시행하고 있다. 이 중에서 안전검사는 대부분의 국가에서 각 나라에 적합한 검사제도 및 장비를 개발하여 자동차 운행 안전에 국민의 건강을 보호하고, 안전검사 신뢰성 및 서비스 품질 향상에 노력하고 있다.¹⁵⁾ 운행 자동차의 안전검사는 불법 자동차 적발, 소유권 확인, 의무보험가입 확인 등의 순기능뿐만 아니라 결함이 있는 자동차를 선별함으로서 자동차 결함에 의해 발생하는 교통사고를 사전에 방지하는 역할을 하고 있다.^{7,8,16)}

특히 결함이 있는 운행 자동차의 사고에는 제동장치와 타이어에 의한 사고가 과반이 넘기 때문에 제동장치 및 제동 성능을 정확하게 검사할 수 있는 성능 좋은 검사장비가 필요하다. 따라서 미국, 유럽 연합 및 일본 등에서는 운행 자동차가 실제 도로 위를 달리면서 관성력을 고려한 제동력을 측정할 수 있는 평판식(plate type) 제동력 검사(동적 제동력 검사) 장비를 사용하고 있다. 그러나 현재 국내에서는 롤러식(roller type) 제동력 검사(정적 제동력 검사) 장비를 사용하고 있는 실정이다. 즉, 제동시 관성에 의한 부하가 후축에서 전축으로 이동함에 따른 제동력의 전후좌우 제동력 및 편차를 정확하게 측정할 수 없는 단점이 있다.^{7,10,16)}

따라서 본 연구에서는 운행 자동차에 대한 제동력 비교시험을 통하여, 독일의 동적 제동력 검사 장비와 국내의 정적 제동력 검사 장비와의 상관관계를 통계학적으로 비교하는 데 있다. 또한 동적 제동력 검사장비의 특성 및 문제점을 분석하고, 국내 정기 자동차안전 검사에 적용 가능성을 파악하는 기초자료를 제공하는데 있다.

2. 제동력 이론

Fig. 2에는 2축 자동차가 경사로에서 제동시 작용하는 주요 외력을 나타내고 있다. 여기서 공기저항, 변속저항 및 차량연결저항 등을 무시한다면, 합성저항력(Fres)은 다음 식 (1)과 같다.^{19,20)}

$$F_{res} = F_b + f_r W \cos \theta \pm W \sin \theta \quad (1)$$

여기서, W는 자동차 중량, f_r 은 구름저항계수, θ 는 노면 경사각, F_b 는 제동력, a는 감속도를 각각 나타낸다. $W \sin \theta$ 의 부호는 등판시(+), 하강시(-)를 사용한다.

특히 제동시에는 관성력에 의해 하중이 후축에서 전축으로 이동하게 되며, 이때 수직 전축력(W_f) 및 후축력(W_r)은 각각 식 (5), 식 (6)과 같다.

$$L W_f = [W L_r + h (\frac{W}{g} a \pm W \sin \theta)] \quad (2)$$

$$L W_r = [W L_f - h (\frac{W}{g} a \pm W \sin \theta)] \quad (3)$$

$$F_b + f_r W = F_{bf} + F_{br} + f_r W = \frac{W}{g} a \pm W \sin \theta \quad (4)$$

$$W_f = \frac{1}{L} [W L_r + h (F_b + f_r W)] \quad (5)$$

$$W_r = \frac{1}{L} [W L_f - h (F_b + f_r W)] \quad (6)$$

그리고 타이어의 마찰계수 μ 를 적용하면 전축, 후축의 최대 제동력은 각각 식 (7), 식 (8)과 같으며, 그 최대 제동력 비는 식 (9)와 같다.

$$F_{bf \max} = \mu W_f = \frac{\mu W [L_r + h (\mu + f_r)]}{L} \quad (7)$$

$$F_{br \max} = \mu W_r = \frac{\mu W [L_f - h (\mu + f_r)]}{L} \quad (8)$$

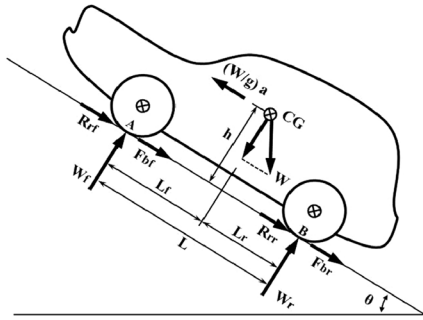


Fig. 2 Forces acting on a two-axle vehicle during braking

$$\frac{F_{bfmax}}{F_{brmax}} = \frac{L_r + h(\mu + f_r)}{L_f - h(\mu + f_r)} \quad (9)$$

따라서 최대 제동력의 크기 및 편차로부터 자동차의 안전성을 평가할 수 있다.

3. 연구내용 및 방법

3.1 제동력 검사 기준

일반적으로 운행 자동차의 제동력 검사 장비는 주로 Fig. 3과 같은 롤러식(정적 제동력 검사), Fig. 4와 같은 평판식(동적 제동력 검사) 및 도로주행 방식을 사용하고 있다.^{7,10,14,16)}

현재 국내에서는 정적 제동력 검사 장비를 사용하고 있다. 그러나 미국, 독일 및 영국 등에서는 주행상태를 반영한 동적 및 정적 제동력 검사 장비를 함께 사용하고 있으며, 특히 미국에서는 도로주행 방식을 추가로 사용하고 있다.

정적 제동력 검사인 경우, 롤러위에서 5 km/h의



Fig. 3 Static braking force inspection system



Fig. 4 Dynamic braking inspection system

Table 1 Braking force inspection standards

Classification		Korea (KO)	Germany (GE)
Main braking force	Front axle	Total	≥ 50%
		Deviation	< 8%
	Rear axle	Total	≥ 20%
		Deviation	< 8%
Total		≥ 50%	≥ 50%
Parking braking force	Total	≥ 20%	≥ 16%
	Deviation	-	< 50%

Table 2 Calculation methods of braking force and deviation

Classification		Calculation methods
Braking force	Korea	(Total braking force/Sum of axle load) × 100
	Germany	(Total braking force/Sum of axle load) × 100
Deviation of braking force	Korea	(Deviation of braking force/correspond to axle load) × 100
	Germany	(Deviation of braking force/higher braking force) × 100

주행속도에서 제동력을 검사하고, 동적 제동력 검사 장비인 경우, 평판위에서 8-12 km/h 범위내의 주행속도에서 검사하고 있다.

Table 1, Table 2에는 한국과 독일에서 적용하고 있는 제동력 검사 기준과 제동력 및 좌우 제동력 편차를 계산하는 방식을 각각 나타내었다. 여기서 한국과 독일에서는 좌우 제동력 편차의 적용 기준과 산출 방식이 서로 다르며, 특히 한국에서는 없지만, 독일에서는 주차 제동력의 좌우 편차를 검사 기준으로 사용하고 있다.^{7,10,14,16)}

3.2 동적 제동력 검사 장비

본 연구에 사용된 제동력 검사 장비는 Fig. 3에 보인 바와 같이, 현재 국내에서 사용하고 있는 물리식(직경 약 120 mm) 정적 제동력 시험 장비를 사용하였다. 그리고 Fig. 4에 보인 바와 같이, 유럽연합에서 가장 많이 사용되고 있고, 독일국가인증기관(TUV NORD)의 승인을 받은 독일의 H사에서 제작된 동적 제동력 검사 장비를 사용하였다.^{7,10,14,16)}

이 H사의 장비는 평판, 중량계, 사이드슬립기, 속도측정장치, 진입/진출판 및 화면표시장치와 주 제어장치로 구성되어 있다. 평판은 전후좌우에 총 4개가 있으며, 각 평판은 상하에 평판 2개로 구성되어 그 사이의 볼베어링을 따라 상부 평판이 전후방으로 움직일 수 있다. 그리고 평판 사이에 설치된 고속 로드셀로부터 자동차가 진입하다가 제동시의 충격량을 측정할 수 있다. 이때 시험 자동차의 진입속도는 8-12 km/h 범위내로 제한되어 있다.^{7,10,14)}

이 장비는 피트공사가 필요 없기 때문에 단시간에 노면위에 설치가 가능하고, 간편하게 이동 설치가 가능하다. 또한 축하중, 제동력, 사이드슬립 및 속업소비를 1개의 장비로 동시에 검사할 수 있는 장점이 있다.

3.3 동적 제동력 검사 장비 비교시험

상기의 정적 및 동적 제동력 검사 장비를 교통안전공단 전용시험장에 각각 구성하여 비교시험을 수행하였다.¹⁰⁾ 여기서 각각의 제동력 검사 결과에 대한 상관관계를 비교하였다. 또한 동적 제동력 검사 장비의 특성을 조사하였다. 시험에 사용된 자동차는 운행 자동차 중에서 승용, 화물 및 승합 자동차를 임의로 100대를 선정해서 Table 1, Table 2의 검사기준 및 산출방식에 따라 주제동력 및 주차제동력의 비교시험을 수행하였다.¹⁰⁾

한편, 동적 제동력 검사 장비에 대한 측정 결과의 신뢰성 등을 조사하기 위하여 Fig. 5와 같이 시험 자동차의 진입속도에 따른 제동력 변화, 진입각도, 눈비와 같은 노면 상태, 제동장치 결함, 일반도로에서 제동장치의 결함 위치 및 적재 상태에 따른 제동력 변화 등을 선행 연구에서 확인하였다.^{7,10)}



Fig. 5 Testing on dynamic braking force inspection system

4. 연구결과 및 고찰

운행 자동차(승용/화물/승합=83/13/4) 100대를 임의로 선정하여 정적 및 동적 제동력 검사 장비를 사용하여 검사 기준에 따라 제동력 시험을 수행하였다.

각 시험조건에 대한 결과의 추정회귀 직선 및 결정계수(R^2) 그리고 유의수준 5%에서 유의확률(p값)을 구하여 비교하였다. 보통 결정계수는 0 ~ 1 사이의 값으로 1에 근접할수록 상관관계는 높다. 즉 추정회귀 직선의 기울기가 +45도 방향을 보일 때, 가장 상관관계가 높게 된다. 또한, p값은 주어진 유의수준보다 낮으면 통계적으로 유의성이 있게 된다.^{8,16)}

4.1 전축 좌우측 주제동력에 대한 상관관계

Fig. 6에는 정적 제동력 장비에 대한 동적 제동력 장비의 전축 좌우측 주제동력에 대한 추정회귀 직선 및 결정계수(R^2)를 각각 나타내었다. 즉 $R^2=0.3855$, $R^2=0.4788$ 로서 추정회귀 직선은 비교적 자료를 설명할 수 있었다. 유의수준 5%에서 유의확률(p값)은 각각 <0.0001 , <0.0001 로서 통계적으로 유의성이 있었다.

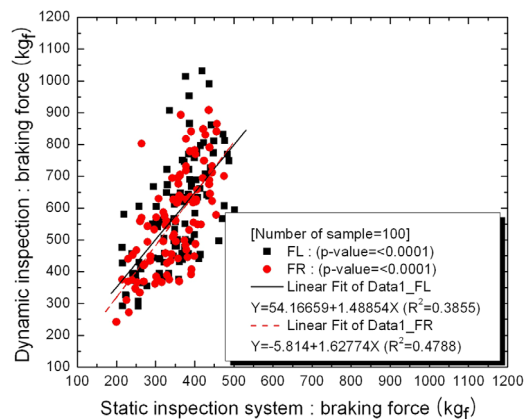


Fig. 6 Correlation for main braking force (front axle, left and right side)

4.2 전축 좌우 주제동력 편차의 상관관계

Fig. 7에는 전축 좌우 주제동력 편차에 대한 추정회귀 직선 및 결정계수를 각각 나타내었다. 여기서, 독일과 한국의 좌우편차 계산방식이 다르기 때문에 계산방식에 대한 결정계수를 동시에 나타내었다. 즉 $R^2=0.0032$, $R^2=0.0052$ 로서 추정회귀 직선은 자료를 거의 설명할 수 없었다. 유의수준 5%에서 유의확률(p 값)은 각각 0.5755, 0.4839로서 통계적으로 유의성이 없었다.

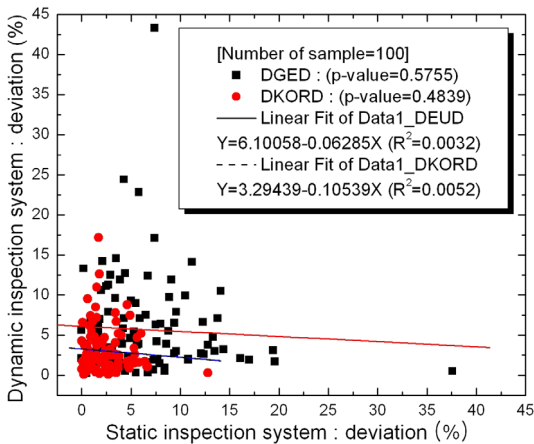


Fig. 7 Correlation for main braking force (front axle, deviation of left and right side)

4.3 후축 좌우측 주제동력에 대한 상관관계

Fig. 8에는 후축 좌우측 주제동력에 대한 추정회귀 직선 및 결정계수를 각각 나타내었다. 즉 $R^2=0.6053$, $R^2=0.5858$ 로서 추정회귀 직선은 전축 좌우측 주제동력의 경우에 비해, 좀 더 잘 자료를 설명할 수 있었다. 유의수준 5%에서 유의확률(p 값)은 각각 <0.0001 , <0.0001 로서 통계적으로 유의성이 있었다.

4.4 후축 좌우 주제동력 편차의 상관관계

Fig. 9에는 후축 좌우측 주제동력 편차에 대한 추정회귀 직선 및 결정계수를 각각 나타내었다. 여기에는 4.2항 전축인 경우와 동일하게 독일과 한국의 계산방식에 대한 상관관계를 동시에 나타내었다. 즉 $R^2=0.5386$, $R^2=0.6231$ 로서 추정회귀 직선은 전축인 경우와는 달리 자료를 잘 설명할 수 있었다. 유의수준 5%에서 유의확률(p 값)은 각각 <0.0001 , <0.0001

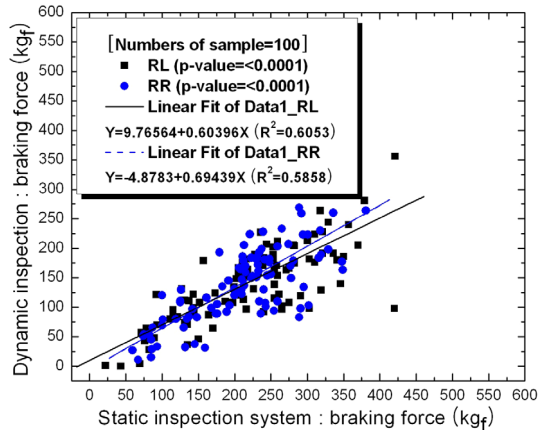


Fig. 8 Correlation for main braking force (rear axle, left and right side)

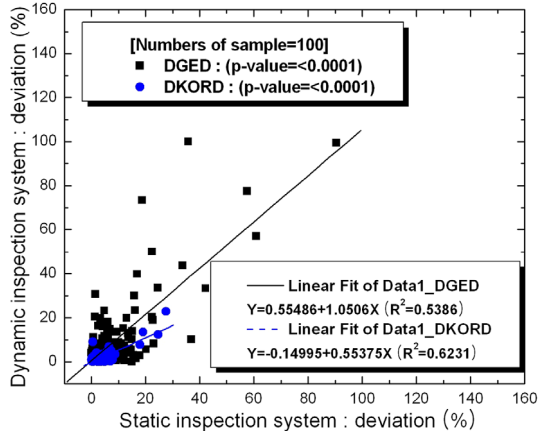


Fig. 9 Correlation for main braking force (rear axle, deviation of left and right side)

로서 통계적으로 유의성이 있었다.

4.5 종합 주제동력비에 대한 상관관계

Fig. 10에는 종합 주제동력비에 대한 추정회귀 직선 및 상관계수를 나타내었다. 즉 $R^2=0.0917$ 로서 추정회귀 직선은 자료를 잘 설명할 수 없었다. 유의수준 5%에서 유의확률(p 값)은 0.0022로서 통계적으로 유의성이 있었다.

4.6 종합 주차제동력비에 대한 상관관계

Fig. 11에는 종합 주차제동력비에 대한 추정회귀 직선 및 결정계수를 나타내었다. 즉 $R^2=0.1179$ 로서 추정회귀 직선은 종합 주제동력비인 경우와 비슷하

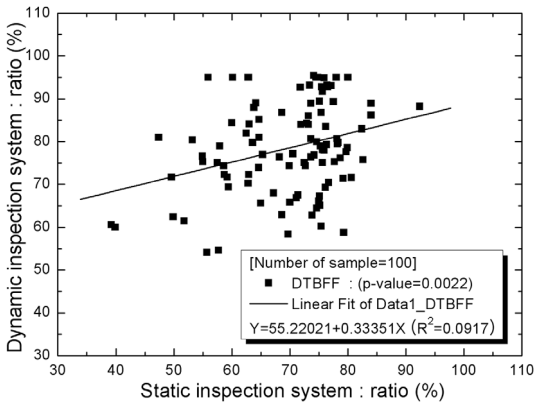


Fig. 10 Correlation for total main braking force ratio

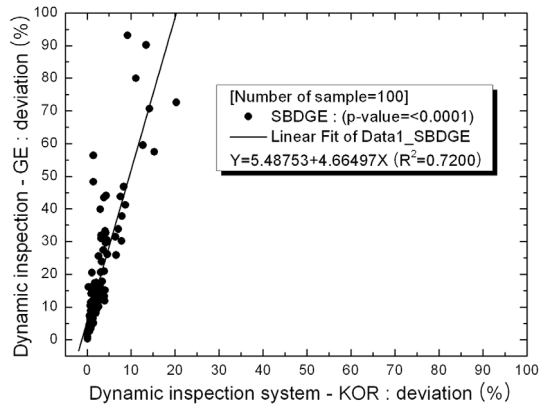


Fig. 12 Correlation for parking braking force (deviation of left and right side)

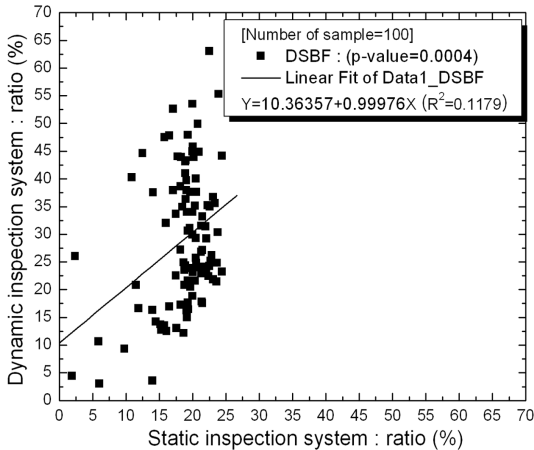


Fig. 11 Correlation for total parking braking force ratio

계 자료를 잘 설명할 수 없었다. 유의수준 5%에서 유의확률(p 값)은 0.0004로서 통계적으로 유의성이 있었다.

4.7 좌우 주차제동력 편차에 대한 상관관계

Fig. 12에는 좌우 주차제동력 편차에 대한 추정회귀 직선 및 결정계수를 나타내었다. 여기에는 정적 제동력 검사 장비로는 이를 측정할 수 없기 때문에 동적 제동력 검사 장비를 사용하여 측정한 결과에 한국과 독일의 좌우 편차 계산 방식에 대한 결정계수를 나타내었다. 즉 $R^2=0.7200$ 로서 추정회귀 직선은 자료를 잘 설명할 수 있었다. 유의수준 5%에서 유의확률(p 값)은 <0.0001 로서 통계적으로 유의성이 있었다.

4.8 정적/동적 검사장비의 종합 상관관계

Table 3에는 Fig. 6 ~ Fig. 12의 각 시험 조건에서 구한 결정계수(R^2) 및 유의확률(p 값)을 종합적으로 비교하기 위하여 동시에 나타내었다.

주제동력인 경우, 좌우측에 대한 결정계수는 0.3855 ~ 0.6053 정도로서 상관성은 중간정도를 보

Table 3 Compare coefficient of determination and p-Value

Test mode		p-Value (level 5%)	Coefficient of determination (R^2)
Main braking force	Left side (MFL)	<0.0001	0.3855
	Right side (MFR)	<0.0001	0.4788
	MFL-MFR deviation (rule of Germany)	0.5755	0.0032
(Front axle)	MFL-MFR deviation (rule of KOREA)	0.4839	0.0052
Main braking force	Left side (MRL)	<0.0001	0.6053
	Right side (MRR)	<0.0001	0.5858
	MRL-MRR deviation (rule of Germany)	<0.0001	0.5386
(Rear axle)	MRL-MRR deviation (rule of KOREA)	<0.0001	0.6231
Total main braking force		0.0022	0.0917
Parking braking force	Total	0.0004	0.1179
	PRL-PRR deviation (Static type)	-	-
	PRL-PRR deviation (Dynamic type) Calculation method of GE and KO	<0.0001	0.7200

였고, 후축보다 전축에 대한 상관성이 조금 낮았다. 그리고 좌우측 편차에 대한 상관관계에서 후축인 경우에는 0.5386 ~ 0.6231 정도로서 상관성은 중간 이상을 보였지만, 전축인 경우에는 0.0032 ~ 0.0052 정도로서 상관관계는 매우 낮았다. 또한 유의확률은 전반적으로 <0.0001 정도로서 유의성이 있었지만, 전축 좌우 편차에 있어서는 0.4839 ~ 0.5755 정도로서 유의성이 없었다. 따라서 종합 주제동력비의 상관성은 매우 낮게 나타났다.

주차제동력인 경우, 종합 주차제동력비의 상관성은 매우 낮았으나 유의성은 있었다. 그리고 좌우 편차에 대한 상관성은 매우 높았으며 유의성이 있었다.

따라서 후축 편차에 비해 전축 편차에 대한 상관관계가 매우 낮고, 유의성이 없는 결과로부터 정적 제동력 검사 장비에서는 제동시의 관성력의 영향으로 식 (7), 식 (8)과 같이 후축에서 전축으로 하중이동에 대한 제동력의 영향을 충분히 반영할 수 없음을 알 수 있었다.

보통 운행 자동차는 적재 상태와 더불어 적재 하중의 무게중심 이동 및 어느 한쪽 타이어의 결합 등에 따라서 제동시 전후좌우 제동력 및 그 편차가 발생하게 되는데, 이를 정확하게 검사할 수 있어야만 운행 자동차의 제동 안전성을 평가할 수 있다.

현행 국내 법령에는 제동력 검사시 공차상태에서 검사를 시행하고 있으나, 유럽연합 등에서는 적재 상태 또는 적재상태를 재현하여 제동력 검사를 시행하고 있다.^{7,10,14)} 따라서 국내에서도 동적상태인 관성력의 영향을 반영할 수 있고, 4개 구동축을 동시에 측정할 수 있는 동적 제동력 검사 장비를 정기 자동차 안전검사에 도입할 필요가 있다.¹⁶⁾ 이로서 교통안전사고를 사전에 줄이고, 검사결과의 신뢰성을 높이고 아울러 국민의 안전과 생명을 보호할 수 있을 것이다.

앞으로 미래자동차에는 운행자 및 보행자의 안전을 위하여 다양한 첨단 제동력 제어장치를 개발하여 사용하는 빈도가 점차 증가할 것으로 보인다. 따라서 향후 운행 자동차에 대한 안전검사 기술 및 장비 그리고 적용기준 등을 보완할 필요가 있다.

5. 결론

본 연구에서는 운행 자동차에 대한 안전 검사를 하는데 있어서, 현재 국내에서 사용하고 있는 정적 제동력 검사 장비(roller type)와 유럽연합 등에서 사용하고 있는 동적 제동력 검사 장비(plate type)의 비교시험을 수행하였다. 이 제동력 검사 시험결과와 상관성 및 검사 장비의 특성을 분석한 결과로서 다음과 같다.

- 1) 주제동력의 경우: 좌우측에 대한 결정계수(R^2)는 0.3855 ~ 0.6053 정도이며, 후축보다 전축에서 좀 더 낮게 나왔다. 좌우측 편차에 대한 결정계수는 후축인 경우 0.5386 ~ 0.6231, 전축인 경우 0.0032 ~ 0.0052 정도이며, 후축보다 전축에서 상관관계가 매우 낮게 나왔다. 유의확률(p 값)은 대체로 <0.0001로서 유의성이 있었지만, 특히 전축 좌우 편차에서는 0.4839 ~ 0.5755로서 통계학적으로 유의성이 없었다.
- 2) 주차제동력의 경우: 종합 주차제동력에 대한 상관계수는 0.1179로서 상관성은 매우 낮았으나, 유의확률은 0.0004로서 통계학적으로 유의성이 있었다.
- 3) 따라서 후축 편차에 비해 전축 편차에 대한 상관관계가 매우 낮고, 유의성이 없는 결과로부터 정적 제동력 검사 장비에서는 제동시의 관성력의 영향으로 후축에서 전축으로 하중이동에 대한 제동력의 영향을 충분히 반영할 수 없음을 알 수 있었다.
- 4) 따라서 국내에서도 동적상태인 관성력의 영향을 반영할 수 있는 동적 제동력 검사 장비를 도입하여 운행 자동차의 정기 자동차 안전검사에 적용할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 “첨단 자동차검사 시스템 연구”의 일환으로 수행되었으며, 시험에 도움을 준 교통안전공단 관계자 및 박원덕 차장께 감사의 뜻을 표합니다.

References

- 1) H. D. Kim and Y. C. Lim, “A Study on the

- Characteristics of Automotive Brake Pedal Force,” *Auto Journal*, KSAE, Vol.15, No.2, pp.64-75, 1993.
- 2) D. H. Shim, D. Y. Kim and S. H. Ko, “A Study on the Effect Driving Speed and Braking Power on Squeal Noise of Disk Brake,” *KSAE Spring Conference Proceedings*, pp.2189-2194, 2006.
 - 3) S. D. Kim, N. H. Kim and H. M. Kim, “A Study on a Comparison between the Mechanical System and the Fuzzy Control Electronic System for Braking Force Distribution,” *KSAE Spring Conference Proceedings*, pp.437-444, 2000.
 - 4) C. G. Ok, T. W. Park, S. P. Jung and J. H. Lee, “Integrative Analysis of Automotive Brake System to Estimate Braking Feeling,” *KSME Spring Conference Proceedings*, pp.736-741, 2009.
 - 5) I. S. Choi, J. M. Ahn, K. S. Cho and S. W. Cho, “A Consideration on the Market Situation and the Safety Evaluation Method of the Motor Vehicle Equipped with Brake Assist System,” *KSAE Spring Conference Proceedings*, pp.1933-1940, 2010.
 - 6) M. S. Pak and S. H. Kim, “The Development of Braking Ratio Measuring Technique Using Wheel-torque Meter,” *KSAE Fall Conference Proceedings*, pp.601-607, 1996.
 - 7) U. S. Yeo, W. D. Park, Y. D. Jung and B. D. Kang, “A Study on Introduction to Dynamic Braking Inspection Equipment of a Vehicle in Service,” *KSAE Spring Conference Proceedings*, pp.1266-1272, 2013.
 - 8) S. Y. Oh and W. D. Park, “Comparison in Emission Inspection System of a Gasoline Vehicle in Service,” *Transactions of KSAE*, Vol.22, No.1, pp.1-7, 2014.
 - 9) U. S. Yeo, W. D. Park, Y. D. Jung and B. D. Kang, “A Study on Improvement to Underbody Inspection of a Vehicle in Service,” *KSAE Spring Conference Proceedings*, pp.1254-1259, 2013.
 - 10) B. D. Kang, Y. D. Jung, C. D. Kim, W. D. Park, K. S. No, U. S. Yeo and Y. J. Lee, A Study for Inspection Standard by Advanced Vehicle Inspection System Technology, Final Report, Inspection Standard Office, Korea Transportation Safety Authority, 2012.
 - 11) J. J. Kwon and D. W. Lee, “Research on the Relation of the Exhaust Gas Concentration between Lug-Down3 Test Mode and D147 Test Mode on the Driving Car Using Diesel Fuel,” *Proceeding of the 47th Meeting of KOSAE*, pp.62-65, 2008.
 - 12) H. S. Joo, J. E. Sim and J. R. Kim, “Quantitative Effectiveness Analysis of Vehicle Inspection,” *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol.25, No.3, pp.65-74, 2007.
 - 13) Y. H. Park, J. C. Kim, S. I. Kwon, T. W. Lee and J. T. Lee, “A Study on the Improvement In-use Vehicle Inspection & Maintenance Program By RSD (Remote Sensing Detector),” *KSAE Fall Conference Proceedings*, pp.159-164, 2005.
 - 14) S. Y. Oh, H. I. Lee, G. W. Kim and I. S. Che, A Study for High Technology Vehicle Inspection System, Final Report, School of Automotive Engineering, Kyungpook National University, 2012.
 - 15) S. Y. Oh, U. S. Yeo, W. D. Park, Y. D. Jung and B. D. Kang, “Improvement in Emission Inspection System of a Gasoline Vehicle in Service,” *KSAE Annual Conference Proceedings*, pp.536-542, 2012.
 - 16) S. Y. Oh, “Effect on Dynamic Braking Force Inspection System for Entering Velocity Vehicles in Service,” *KSMT*, in Press, Corrected Proof, 2015.
 - 17) MOLIT (Minister of Land, Infrastructure and Transport, <https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do>, 2015.
 - 18) Y. M. Ha, “A Report on 4 Judicial Precedents of the Supreme Court of Korea Concerning Brake System Failure,” *KSAE Spring Conference Proceedings*, pp.1018-1023, 2006.
 - 19) J. Y. Wong, *Theory of Ground Vehicles*, 3rd Edn., John Wiley & Sons, New York, pp.203-271, 2001.
 - 20) K. Newton, W. Steeds and T. K. Garrett, *The Motor Vehicle*, 12th Edn., SAE, Manchester, pp.804-829, 1996.