공압 브레이크 응답 성능에 관한 연구

The Study on the Performance of Air Brake Response

박원기[1], *이여해[1], #문상돈[2], 이희관[3], 양균의[1]
W. K. Park[1], *L. H. Li[1], #S. D. Mun(msd@jbnu.ac.kr)[2], H. K. Lee[3], G. E. Yang[1]
[1] 전북대학교 기계공학과, [2]전북대학교 기계설계공학부, [3]전북대학교 자동차부품 · 금형 기술혁신센터

Key words : Air tank, Pedal(Dual Brake pedal), Chamber, Relay valve, Tube, Brake response time

1. 서론

상용 차량에서 압축 공기가 에너지원으로 사용되고 브레이크 페달을 작동하면 압축된 공기가 에어라인을 통해 릴레이 밸브에 압력이 전달된다. 전달된 공기 압력은 브레이크 챔버의 피스톤 로드를 작동시켜 드럼과 라이닝을 접촉시켜 제동력을 형성시킨다. 운전자가 일정한 제동력으로 안정성을 확보하기 위해 제동 법규적으로 브레이크 응답 시간을 규제하고 있다.[1, 2, 3] 브레이크 응답 시간은 페달을 작동하는 시점부터 일정한 압력이 형성되는 시간까지를 말하는데 브레이크 응답 성능에 영향을 주는 인자는 브레이크 페달 밸브, 에어라인 길이 및 내경, 밸브, 커넥터, 챔버 사이즈 등 다양하다. 또한 압축 공기를 이용한 각종 편의 장치가 브레이크 페달과 챔버 사이에 추가 장착되고 있는 추세이다. 이런 조건에서 Variant 차종 및 신차 개발 시 브레이크 응답 성능이 예측된 설계를 함으로써 차량 완성차 상태에서 검증을 위한 Rework 비용 및 M/H 손실을 줄일 수 있다.

본 연구는 현 양산중인 대형 버스를 대상으로 브레이크 응답시간에 대한 영향인자를 파악하고 FRT 와 RR 의 브레이크 응답 성능을 예측할 수 있는 프로그램을 개발함으로써 제동 응답 성능에 대한 법규 만족 여부를 예측하고 FRT & RR 의 작동시간의 편차를 줄여 균등 제동력을 확보하고자 하였다.

2. 검증 프로그램 구현 및 검증 실험

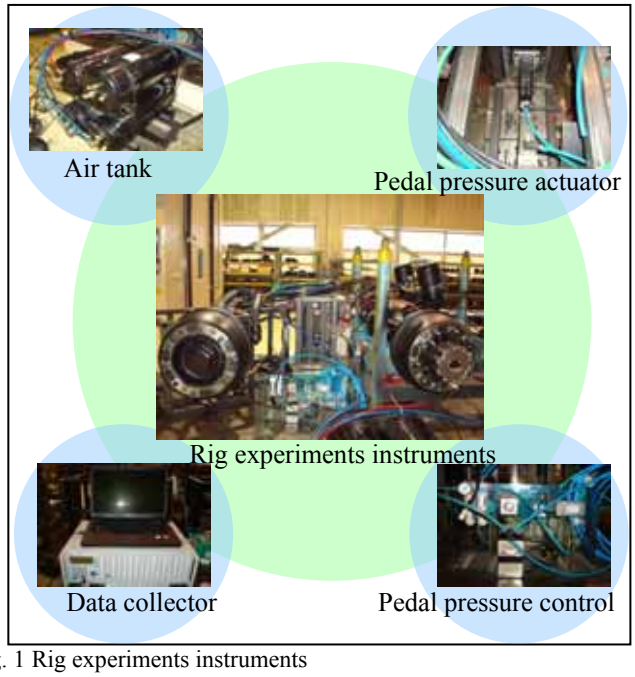

Fig. 1 Rig experiments instruments

현 양산중인 대형버스(4×2)의 브레이크 제동 시스템(입력부/전달부/작동부)을 구성하여 제동 응답성능을 개선하고자 프로그램을 개발하고 프로그램을 이용하여 계산된 값과 Rig 시험을 통하여 검증하였다. 제동 응답 시간 예측 프로그램을 이용하여 에어탱크 압력, 장착 밸브, 커넥터 각도 및 수량, 튜브 길이 및 내경, 듀얼 브레이크 페달 등 시스템 제원을 입력하면 브레이크 응답 시간을 계산하여 응답 곡선을 자동 형성함으로써 법규 만족 여부를 신속하게 판단할 수 있도록 구성하였다. Fig. 1 은 차량의 장착 상태로 페달, 밸브, 에어라인, 브레이크 챔버 등 부품을 구성하고 데이터 측정을 위해 데이터 수집기, 페달 압력 제어기, 압력 센서기, 페달압력 작동기를 추가로 장착하여 실차와 동일하게 작동할 수 있도록 시험 장비를 제작하였다.

2.1 검증 실험

2.1.1 엑슬 연결방식에 따른 영향도 평가

실험은 Fig. 2 와 Table 1 에 따라 페달의 Primary 포트, Tube 사이즈, 밸브 종류를 결정하고 브레이크 페달의 Primary 포트에 FRT 엑슬을 연결하거나 RR 엑슬에 연결하는 두 종류로 구분하여 영향도를 평가하고자 하였다.

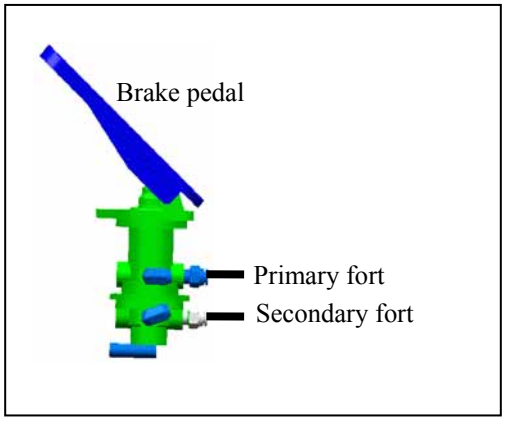

Fig. 2 The brake pedal fort (FRT, RR)

Table 1 The influence of primary fort

Pedal	Tube diameter(inch)			Valve	
Primary	FRT		RR	FRT	RR
	Tank	Supply	Tank		
FRT	1/2	1/2	1/2	Quick release	Package

엑슬 연결방식에 따라 시험한 결과를 Table 2 에 보여주고 있고 브레이크 페달의 Primary 포트 연결하는 Layout 에 따라 75% 응답성능에는 평균 0.015 초 정도 차이를 나타내고 Primary 포트가 RR 인 경우 압력차 ΔP(RR-FRT)가 작아짐을 알 수 있었다.

Table 2 Brake response performance VS primary fort

Division (Primary fort)	75% pressure Response performance		Pressure (ΔP=RR-FRT)	
	Actual survey	Estimate survey	The beginning	75%
FRT	0.340	0.385	-0.567	-0.885
RR	0.355	0.400	-0.231	-0.694

2. 1. 2 커넥터 종류에 따른 영향도 평가

실험은 Fig. 3 과 Table 3 에 따라 밸브에 연결되는 커넥터 종류를 달리하여 커넥터의 영향도를 평가하고자 하였다.

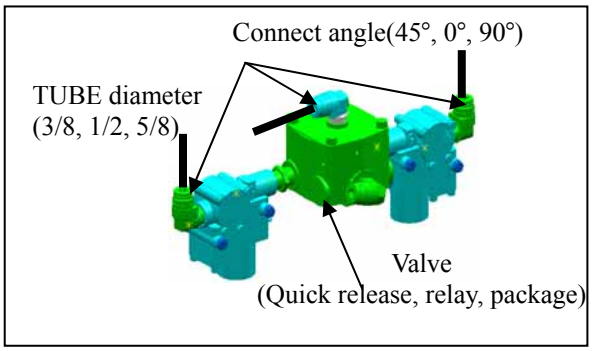

Fig. 3 Valve, connect (0°, 45°, 90°), tube diameter

Table 3 The influence of connect angle

Pedal	Tube diameter			Valve	
Primary	FRT		RR	FRT	RR
	Tank	Supply	Tank		
FRT	1/2	3/8	1/2	Package	Package

커넥터의 종류에 따라 시험한 결과를 Table 4 에 보여주고 있고 커넥터 각도가 각 0°, 45°, 90° 별로 초기 응답성능에는 영향이 적고 75% 응답성능에는 평균 0.01 초 정도 지연됨을 나타내고 0°<45°<90° 순으로 ΔP(RR-FRT) 차이가 커짐을 알 수 있었다. 엑슬 연결방식과 커넥터 종류에 따른 실험에서 브레이크 응답성능에 대한 계산치와 실험치의 에러율은 평균 10%의 신뢰성을 얻게 되었다.

Table 4 Brake response performance VS connect angle

Division (connect angle)	75% pressure Response performance		Pressure (ΔP=RR-FRT)	
	Actual survey	Estimate survey	The beginning	75%
0°	0.690	0.620	-0.267	1.845
45°	0.710	0.643	-0.268	1.884
90°	0.730	0.655	-0.252	2.006

2.2 개선 실험

개선 실험은 Table 5 와 Table 6 에 따라 페달의 Primary 포트, Tube 사이즈, 밸브 종류를 결정하고 FRT 밸브를 변경하여 브레이크 응답성능을 개선하고자 하였다.

Table 5 Brake system (pre-change)

Pedal(pre-change)	Tube diameter			Valve, connect	
Primary	FRT		RR	FRT 45°	RR 45°
	Tank	Supply	Tank		
FRT	1/2	1/2	1/2	Quick release	Package

Table 6 Brake system (post-change)

Pedal(post-change)	Tube diameter			Valve, connect	
Primary	FRT		RR	FRT 45°	RR 45°
	Tank	Supply	Tank		
FRT	1/2	1/2	1/2	Relay	Package

변경 전후의 시험한 결과는 Table 7 에서 보여주는 것처럼 브레이크 응답성능은 0.520 초에서 0.345 초로 26% 개선하였고 전체 구간에서 FRT 압력이 RR 압력보다 일정하게 높아 차량 Layout 특성을 고려할 때 온도 균형 측면에서 유리하다.

Table 7 Brake response performances (pre-change & post-change)

Division	75% pressure response performance		Pressure (ΔP=RR-FRT)	
	Actual survey	Estimate survey	The beginning	75%
pre-change	0.520	0.530	-0.289	0.948
post-change	0.345	0.385	-0.525	-0.912

3. 결 론

제동 응답 성능 프로그램을 개발하여 커넥터 각도, 뉴브 사이즈, Layout 길이, Primary 포트 등 차량 시스템과 관련된 영향 인자 및 인자별 영향도를 파악하고 입력 데이터를 기반으로 제동 응답 성능을 예측할 수 있었다. 또한 프로그램을 통한 계산값과 Rig 데이터와의 비교를 통하여 신뢰성을 검증하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 제동 응답 성능 프로그램을 이용한 응답성능과 Rig 시험을 통한 응답성능이 평균 에러율 8%로 신뢰성을 확보하였다.

(2) 프로그램의 신뢰성을 향상시킴으로써 신차 개발시 초기 설계 단계에서 응답 성능 만족 여부를 예측하여 설계 변경 최소로 개발 기간 단축할 수 있는 발판을 마련하였다.

참고문헌

1. Myungwon Suh, Yoonki Park and Seongjin Kwon, “A Simulation Program for the Braking Characteristics of 8 × 4 Vehicles,” Transactions of Korea society of automotive engineers, Vol. 9, No. 6, pp. 119-128, 2001.
2. Myungwon Suh, Seongjin Kwon, Yoonki Park, Seunghwan Yang, and Byungchul Park, “Development of the Design Program of the Brake System for the Tractor-Semitrailer Vehicle,” Transactions of Korea society of automotive engineers, Vol. 9, No. 3, pp. 108-120, 2001.
3. Yuchang Kim, “An Ergonomic Design of Brake and Accelerator Pedal Placement for Korean Driver,” Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 10, No. 3, pp. 106-109, 1995.