

유한요소해석을 통한 자동차 브레이크 페달 시스템의 강성평가 및 비교

Stiffness evaluation of automotive brake pedal systems

by finite element analysis

*이명우¹, #김윤재¹, 박준협², 이진근³, 최규연⁴

*M. W. Lee¹, #Y. J. Kim(kimy0308@korea.ac.kr)², J. H. Park², J. G. Lee², G. Y. Choi²,

¹ 고려대학교 기계공학부, ² 동명대학교 메카트로닉스공학과, ³ 체시스, ⁴ SMC

Key words : FEM, Brake system, EURO NCAP, Stiffness evaluation

1. 서론

자동차의 안전성능의 만족은 자동차 개발에 있어서 필수 요건 중의 하나이다. 따라서 소비자의 안전을 확보하기 위해서 각국의 정부는 자동차의 안전성능 평가의 기준을 점차 엄격하게 적용하고 있으며, 그에 대한 정보를 소비자에게 공개함으로써 제작사로 하여금 보다 안전한 자동차를 개발하도록 유도하고 있다.

그러한 안전성능을 만족해야 하는 자동차 시스템 중 하나가 브레이크 페달 시스템이다. 브레이크 페달의 경우, 추돌사고 시에 발생하는 안전 시스템도 중요하지만 일상 환경에서의 사용조건 만족은 반드시 선행되어야 한다. 이를 평가하기 위해 유로 신차평가프로그램(new car assessment program, NCAP)에서는 차량 브레이크 시스템의 안전성능을 평가할 수 있는 시험을 실시하고 이 시험결과를 공시하고 있다. 따라서 시스템에 대한 강성평가는 중요하다고 할 수 있다.

본 연구를 통해서 상용 자동차에 사용되는 브레이크 페달 시스템에 대해서 시험 및 유한요소해석을 통한 강성평가를 진행해왔다. 그리고 새로운 설계한 브레이크 페달 시스템에 대한 유한요소해석을 통해서 고비용 시제품 시험을 진행하기 전에 시스템의 강성평가를 진행하였다.

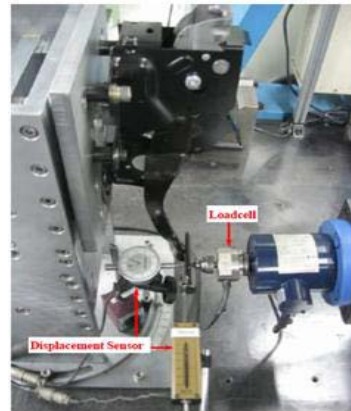


Fig. 1 Brake pedal system and tester used in the stiffness evaluation.

2. 브레이크 페달 시스템 강성시험

2.1 사용 브레이크 페달 시스템 및 시험기

상용 브레이크 페달 시스템의 강성평가에 사용된 모델은 NCAP 시험 기준을 통과하여 현재 시판되는 차량에 사용되는 상용 제품을 선택하여 평가하였다.

강성평가에 사용된 시험기는 Fig 1 과 같이 유로 NCAP 에서 평가하는 부분을 측정할 수 있도록 설계하였다. 브레이크 페달 시스템의 강성을 측정 및 평가할 수 있도록 시스템을 고정시킬 수 있는 지그와 로드셀, 변위측정 장치를 이용하여 제작되었다. 페달에서 유압 부스터와 연결되는 부분은 실험을 통해 측정된 강성이 실제 환경에서의 결과와 유사하도록 해주기 위해 충분히 페달이 눌러진 상태로 가정하여 핀을 통해 고정해주었다.

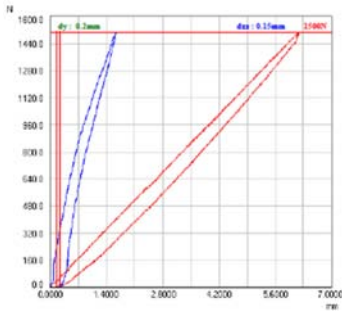


Fig. 2 Stiffness test result graph.

2.2 강성평가 기준 및 시험결과

본 연구에서는 실사용의 여러 조건 중 일상에서 가장 많이 노출 조건에 대해서 강성평가를 진행하였다. 사용자가 페드 중심을 정방향(표면수직)의 강한 힘(1,500 N)을 가하는 조건을 기준을 설정하여 시험 진행하였다. 유로 NCAP 시험에서는 하중 제거 시의 소성변형 정도를 통하여 강성을 평가한다. 시험에 사용된 브레이크 페달 시스템은 Fig. 2의 그래프와 같이 1mm 이하의 변형을 보여 충분한 강성을 확인하였다.

3. 유한요소 해석

3.1 상용 제품 샘플 스캐닝

본 해석에서 사용한 브레이크 페달 시스템 모델은 실제 제품에 사용되는 제품을 샘플 스캐닝을 통해 모델링하였고, 새로운 설계 모델은 상용 제품과 다른 상해 보완 원리를 적용하여 설계하였다. 상기의 두 모델 모두 상용 CAD 프로그램인 CATIA V5을 사용하여 모델링하였다.

3.2 유한요소 모델링 및 해석

유한요소 해석을 위한 모델은 상용 프로그램인 HyperMesh를 사용하여 만들어 주었다. 하중방향에 따른 굽힘 응력을 고려해주기 위해서 solid 요소인 C3D10 요소를 사용하였다. 유한요소해석에서 사용한 element 수는 상용모델의 경우 114,371 개이고 설계 모델의 경우 533,061 개이다. 각 부품의 접합부는 용접부의 경우 연결되었다고 가정하여 contact-tie 조건을 사용하였고, 타 접합부는 contact-pair 조건을 사용하였다.

유한요소해석은 상용 프로그램인 ABAQUS

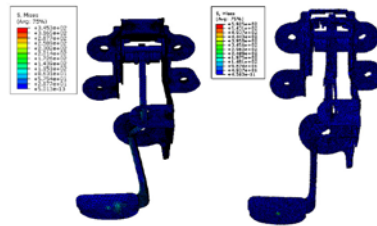


Fig. 3 Deformation type by (a) Fxz, at commercial model (b) Fxz at new design model

Table 1 Stiffness evaluation result.

Test specimen	Test result (mm)	FEA result (mm)
Commercial	$D_x < 0.51$	$D_x < 0.043$
	$D_y < 0.41$	$D_y < 0.012$
New design	-	$D_x < 0.563$
	-	$D_y < 0.055$

v6.11을 사용하였다. 시험조건에 따른 변형 모드는 Fig 3와 같이 나타났고 정량적 해석 결과는 Table 1와 같다.

4. 결론

본 연구를 통해서 상용 브레이크 페달 시스템과 설계한 시스템에 대해 강성 평가를 진행한 결과 시험에서 동일 경향성을 보일 경우 강성문제가 있을 것으로 판단되었고, 이를 보완하기 위한 설계가 진행 중이다.

후기

이 논문은 부산 테크노파크의 산학공동 기술혁신 사업 프로그램의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. THE EUROPEAN NEW CAR ASSESSMENT PROGRAMME, 2012, Adult occupant version 6.0, EURONCAP.
2. J.H. Son, S.J. Hyun, C. Kim, K.H. Cho, T.S. Song, "An Effective Shape Optimization Algorithm for the Automotive Pedal Arm", KSAE 2003 Fall conference, No. 2, pp. 1373-1378, 2003.
3. B.Y. Lee, H.W. Lee, "Shape Optimal Design of an Automotive Pedal Arm Using the Taguchi Method", KSPE, Vol.24, No. 3, pp. 76-80, 2007.