상용차용 액셀페달의 답력 개선을 위한 메커니즘 연구

A study mechanism for improvement of acceleration pedal force of commercial vehicles

*장병춘[1], #박경민[1], 고영진[1], 노윤식[1], 오승용[2],
*B. C. Chang(cbc38@jaiic.re.kr)[1], #K. M. Park[1], Y. J. Ko[1], Y. S. Ro[1], S. Y. Oh[2]
[1](재)전북자동차부품산업혁신센터, [2]동서컨트롤(주)

Key words : pedal force, ADAMS

1. 서론

고유가 시대를 맞이하여 전 세계 모든 완성차업계에서는 연비 향상 기술개발에 막대한 인력 및 자금투자를 하고 있을 뿐 아니라, 이러한 기술 확보는 장래 기업의 사활을 결정질 수 있는 중요한 사안으로 대두되고 있다. 이를 위해, 엔진의 연소기술, 하이브리드시스템과 같은 신 동력시스템 적용기술, 경량화 기술, 저 마찰 기술 개발 등으로 연비 저감에 힘쓰고 있다. 또한, 제어기술을 기반으로 운전자의 급출발, 급가속 등 운전성향에 따라 불필요하게 소모되는 연료를 줄이고 최적의 성능을 발휘할 수 있는 액셀페달 기술이 개발되고 있다.

지금까지 액셀페달에 대한 연구는 페달 암의 형상최적화를 통하여 구조적 안정성과 재료나 비용 절감을 위한 연구나 페달의 반복 사용과 페달의 형태에 따라 운전자가 느끼는 근 피로도를 분석하여 최적의 페달구조를 찾는 연구 등이 수행되어져 왔다.

본 연구에서는 급출발 및 급가속 등에 의한 불필요한 연료소비를 줄이는 동시에 운전자에게 조작의 용의성 및 편의성을 줌으로써 장기간 운전 시 발생될 수 있는 근 피로도를 감소시킬 수 있는 인간 친화형 액셀페달의 작동 메커니즘에 대하여 다루었다.

기존의 액셀페달에 있어 상용화 동역학 해석 프로그램인 MSC사의 ADAMS를 사용하여 페달 각도에 따른 답력을 분석하는 선행 연구가 수행되었으며, 이를 기준으로 새로운 메커니즘에 대한 변수인 스프링 상수, 가변 링크 등을 선정하여 개선된 메커니즘을 찾아낼 수 있었다.

2. 액셀페달의 메커니즘 해석 및 결과 분석

2.1 기존 액셀페달

액셀페달은 크게 Hang-On type과 Floor type 두 개로 나뉘어지며, 대부분의 승용차에서는 Hange-On type이 적용되고 상용차에서는 Floor type의 적용율이 높다. 본 연구에서는 상용차에서 일반적으로 사용하고 있는 Floor type을 선정하였으며, 기존 액셀페달의 각도별 답력 및 메커니즘 분석을 통하여 이후의 새로운 메커니즘 연구에 적용하였다.

Fig. 1은 기존 액셀페달에 대한 해석 모델의 구성을 나타내고 있다. 전체적인 구성은 pedal, 가변링크(Cylinder+Spring+Piston) 그리고 Base로 구성되어 있으며, 각각의 부품들은 revolute joint로 연결되어 있다. 또한 가변링크는 두 개의 스프링(스프링 상수 : 2.8N/mm)과 한 개의 translational joint가 있어 하중에 따라 길이가 변화한다.

추가적으로 페달의 수직면에서 작용하는 답력을 측정하기 위하여 tester를 추가하였으며, 해석 진행은 R1(R4)지점에서 페달각을 0~17.5도로 증가시키며, S1지점에서는 페달 각에 해당하는 답력을 측정하였다. 각각의 joint에 대한 마찰은 고려하지 않았다.

Fig. 2는 기존 액셀페달의 각도에 따른 답력의 변화를 보여주는 특성 그래프이다. 페달 각이 증가함에 따라 답력이 증가하였으며, 동시에 가변링크가 압축되어 길이는 줄어들었다. 가변링크의 하중 방향은 Base의 수직방향에서 수평방향으로 바뀌었다. 그 결과 처음에는 페달 각이 증가함에 따라 답력이 증가함을 보였으나, 그 증가 폭은 점차 줄어들어 그 후 페달 각 14.3도 부근에서부터는 점차적으로 답력의 감소를 나타내며 포물선 형태를 나타냈다.

일반적으로 알려진 운전 시 경제속도는 60~80km/h이다. 대부분 경제속도에서 운전자는 편안함을 느껴야 한다. 하지만 기존의 액셀페달인 경우 경제속도 구간이 따로 뚜렷이 나타나지 않아 운전자는 속도의 증감에 따라 높은 답력의 증감 폭을 느껴야 하며, 피로감 역시 증가할 수가 있다. 또한 계속적로 가속 시 페달 각이 14.3도 부근을 넘어서면서 부터는 오히려 가속력 대비 답력이 낮아지면서 차량의 가속을 부추길 수도 있다.

이런 한 점들을 고려하여 개선될 페달은 Fig. 2의 특성을 이중으로 가질 수 있는 모델로 하고자 한다. 이중 특성 그래프는 처음 가속 시 페달 각이 증가하면 답력이 같이 증가하다가 경제속도 부근에 해당하는 페달 각 범위에서는 답력의 변화 없이 유지하도록 하다가 다시 가속을 하게 되면 페달 각과 함께 답력이 증가함을 뜻한다.

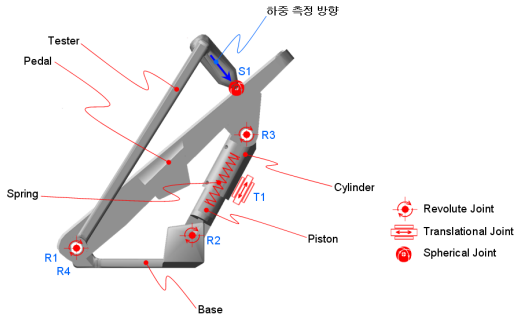

Fig. 1 Analysis model of original acceleration pedal

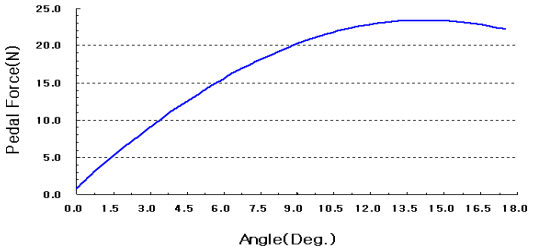

Fig. 2 Angle-Pedal force Curve of original acceleration pedal

2.2 개선 액셀페달 #1

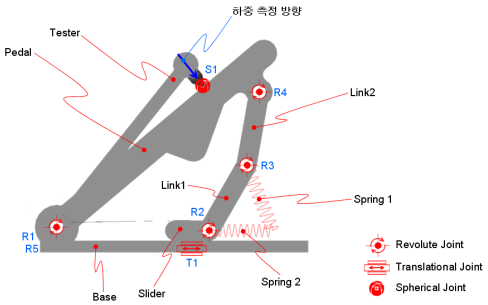

Fig. 3 Analysis model of acceleration pedal of improvement (#1)

Fig. 3은 기존 액셀페달을 개선하기 위하여 가변링크 대신 링크 2개와 슬라이더 1개를 추가하였으며, 스프링 2개를 사용하여 이중 특성이 나타나게 하였다. 각각의 해석 조건들은 기존 액셀페달의 해석 방법과 동일하며, 원하는 메커니즘이 나오도록

각각의 스프링 상수들을 다르게 선정하여 진행하였다.

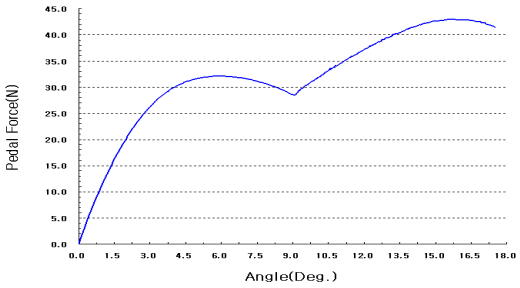

Fig. 4 Angle-Pedal force Curve of acceleration pedal of improvement (#1)

Fig. 3은 개선 액셀페달 #1의 답력 특성 그래프이다. 원하고자 하는 이중 특성을 나타냈으나, 1차 특성의 마지막 부위에서의 답력이 너무 감소하였으며, 메커니즘 자체에 불안정성을 지니고 있다. 이러한 메커니즘은 스프링 상수의 변화와 지금은 고려되지 않은 조인트들 간의 마찰에 의해 예상치 않은 메커니즘이 나타날 수 있다. 이러한 이유로 개선 액셀페달 #1에서는 단순 이중 특성을 가진 페달의 가능성에 대해서만 살펴보았으며, 이를 근거로 다음 개선 액셀페달 #2를 구성하였다.

2.3 개선 액셀페달 #2

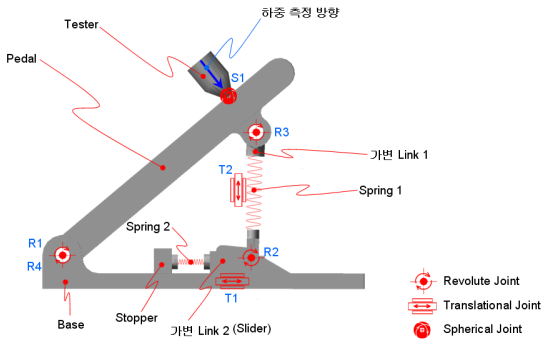

Fig. 5 Analysis model of acceleration pedal of improvement (#2)

Fig. 5는 개선 액셀페달 #2에 대한 해석 모델의 구성이다. 개선 액셀페달 #1에서 불안정 했던 작동 메커니즘을 보완하기 위하여 기존 액셀페달에서 사용되었던 가변링크를 사용하였다. 가변링크는 이중 특성을 나타내기 위하여 총 2개를 사용하였으며, 각각 1개의 서로 다른 스프링을 포함하고 있다. 가변링크 1은 기존 액셀페달에서 사용한 방법과 동일하게 적용하였으며, 가변링크 2에는 revolute joint 조건을 부여하는 동시에 translation joint 조건을 같이 부여하여 동작 메커니즘에 안정성을 더하였다. 또한, 초기에 가변링크 1이 작동 시에 가변링크 2가 동작하지 않도록 가변링크 2의 스프링에 임의의 perload를 부여하였다. 기타 조건에 대해서는 기존 액셀페달 해석 조건과 동일조건으로 수행하였다.

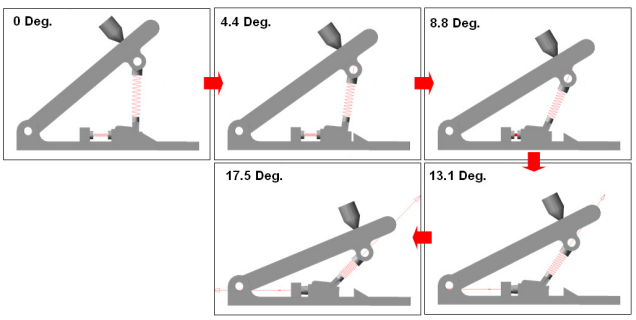

Fig. 6 Motion of acceleration pedal of improvement (#2)

Fig. 6은 개선 액셀페달 #2의 페달 각에 따른 동작을 나타낸 것이다. 페달 각이 증가하게 되면 가장 먼저 가변링크 1이 압축되며 동작한다. 가변링크 1의 하중 방향은 Base에 대하여 수평방향으로 바뀌면서 가변링크 1에 가해지는 하중이 함께 증가하게 된다. 계속적인 하중 증가로 초기의 preload 값을 초과하게 되면 가변링크2가 압축되며 동작하기 시작한다. 이후부터는 가변링크 1과 2가 같이 동작하면서 각각의 가변링크는 계속 압축하게 된다. 계속적인 변화로 가변링크 2가 stopper에 접촉하게 되면서 다시 가변링크 1만 압축되기 시작한다. 전체적으로 봤을 때 가변링크 1이 전체적인 메커니즘을 담당하며, 이 때 발생되는 답력도 대부분 가변링크 1에 의해 발생된다. 반면에 가변링크 2는 이중 특성이 나오도록 보조적인 역할만을 한다.

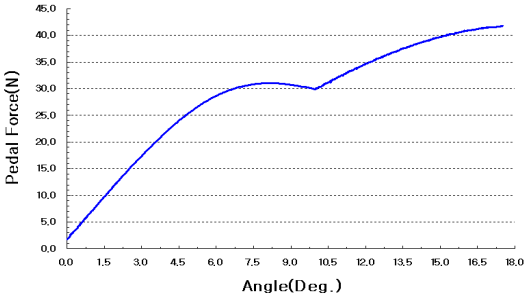

Fig. 7 Angle-Pedal force Curve of acceleration pedal of improvement (#2)

Fig. 7은 개선 액셀페달 #2에 대한 답력 특성 그래프를 보여주고 있다. 전체적으로 이중 특성을 잘 표현해주고 있으며, 개선 액셀페달 #1에서 보였던 1차 특성 구간에서의 급격한 답력 감소가 개선되었다. 또한, 메커니즘에 있어서도 어느 정도의 안정성을 보이고 있으며, 기존 액셀페달과 개선 액셀페달 #1의 끝 부위에서 감소되어지는 답력도 개선되었다.

페달 각 6.8~9.8도 구간에서는 답력의 큰 변화 없이 페달 각의 변화가 가능하며, 이때를 경제속도 구간으로 정할 때 운전자는 큰 부담 없이 속도를 변화 시킬 수 있어 전체적으로 근 피로도 역시 감소할 것으로 보인다.

3. 결론

본 연구에서는 상용화 프로그램인 MSC사의 ADAMS를 이용하여 기존 상용차용 액셀페달의 답력 및 메커니즘을 해석하고 분석하여 새롭게 액셀페달의 답력을 개선시킬 수 있는 메커니즘을 찾아보았다.

기존의 액셀페달의 답력 특성 그래프에서는 경제속도에 대한 구간을 찾을 수 없었으나 개선 액셀페달 #2를 통해 경제속도에 해당하는 구간을 추가하여 만들 수 가 있었다. 이러한 결과로 운전자는 감각적으로 경제속도 구간을 알 수 있게 되며 더 나아가 불필요한 감·가속을 하지 않을 것으로 보인다. 또한, 경제속도 구간에서는 답력의 변화 없이 페달 각을 변화 시킬 수 있어 장기간 운전에서 올 수 있는 운전자의 근 피로도 역시 감소시킬 것으로 보인다.

현재까지의 연구는 부족한 부분이 많이 있으나, 향후에 개선 액셀페달 #2에 대한 메커니즘을 적용한 액셀페달을 설계하고 이를 RP(rapid prototype system)장비를 통하여 시제품을 제작할 예정이며, 근 피로도 시험, 답력 시험 등을 통하여 실제에서 연비 개선 및 근 피로도 감소에 효과를 가져 올 수 있는지에 대하여 검토할 예정이다.

후기

본 연구는 지역산업기술개발사업의 “상용차용 고연비 친인간형 액티브 액셀페달 모듈 개발”의 일부이며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 손종호, 현석정, 김철, 조경희, 송태성, "자동차 페달 암의 설계를 위한 효과적 형상최적화 알고리즘," 한국자동차공학회, 1373~1378, 2003
2. 김정룡, 서경배, "자동차 페달 반복 사용 시 보조발판이 하지근육 활동과 피로에 미치는 영향," 대한인간공학회, 24, 55~62, 2005