

ADAMS 를 이용한 다축 시뮬레이터에 관한 연구

정찬범*, 유승환, 이경백(전남대 대학원 기계공학과), 김영배(전남대 기계공학과)

A Study on Multi-Axles using ADAMS

C. B. Jung*, S. H. Yu, K.B. Lee(Mecha. Eng., Dept. CNU), Y. B. Kim(Mechanical Eng. Dept., CNU)

ABSTRACT

Vehicle evaluation is performed on the proving ground, and durability test and dynamic test cost lots of money and time. Doing replace real vehicle experiment with similar experiment environment, it will take us much more useful advantages.

Suspension simulator is required the robust and high-reliability and used widely. But it's natural of high-level control technique to manage to be fitted fluid system's property and complex that is for the lack of self-damping, nonlinearity, compressibility

In designing and evaluating simulator, it is important to understand the capability of kinematic and static performances. In this paper, a kinematic modeling and analysis has been presented using ADAMS to design that can reproduce longitudinal, lateral, and vertical force

Key Words : Multi-axial Simulator(다축 시뮬레이터), Kinematic analysis(기구학적 해석), Dummy wheel(더미휠), Driving direction(조향)

1. 서론

오늘날 소비재에 대한 사용자의 요구는 매우 다양하며 빠르게 바뀌고 있다. 자동차에 대한 소비자의 요구 또한 이와 다르지 않아 자동차 모델이 바뀌는 주기는 과거에 비해 매우 빨라졌으며 이에 따라 각종 부품의 개발 주기 또한 빨라지고 있다. 또한 날로 더해가는 소비자의 안전 의식과 소비자 주권에 대한 각성은 부품의 사소한 결함으로 인한 사고가 회사의 대외적인 이미지 손상 및 경우에 따라서는 막대한 피해 보상에 따른 경제적 손실을 일으킬 수 있게 되었다.

이에 따라 차를 만든 회사에서는 차 조립에 사용되는 각종 부품에 대한 기능 및 내구 규격을 강화하고 있으며 이에 대한 검증을 부품 업체에 요구하고 있다. 따라서 부품 업체에서는 빨라진 제품 개발 주기 및 기존의 단순한 생산 및 품질 관리만을 하던 차원에서 보다 정확한 성능 및 내구 시험을 위한 시설을 갖추어야 하는 실정이며 이러한 이유로 인하여 빠른 시간 내에 정확한 성능 및 내구 시험을 할 수 있는 부품 시험기에 대한 수요는 날로 늘어나고 있다.

자동차 부품 시험기 가운데 본 과제에서 개발하고자 하는 제품은 자동차의 조향 성능 및 승차감을

결정하는 중요한 부품인 suspension 에 대해 실제 차가 운전되는 조건과 비슷한 조건으로 반복하여 하중 및 변위를 가하여 그 내구성을 시험하기 위한 장비이다.

이러한 suspension 내구 시험기는 시험기 자체의 강인성 및 고신뢰성이 요구되어 유압 서보 시스템이 많이 사용되고 있다. 그러나, 자체 감쇠 기능의 미약, 미선형성, 압축성 등의 유압 시스템 고유 성질과 suspension 자체의 복잡한 운동 특성 때문에 용도와 작동 조건에 맞게 제어하기 위해서는 높은 수준의 서보 제어 기술이 필수적이다. 이러한 높은 수준의 기술을 필요로 하는 이유로 현재 단축이 아닌 다축 suspension 내구 시험기의 경우 대부분의 시험기를 수입에 의존하고 있는 실정이다[1].

현재, 국내 유수 시험기 업체에서 만능재료시험기를 비롯하여 자동차 부품용 내구 시험기에 이르기까지 1980년대 후반~1990년대 초부터 활발한 개발을 하고 있다. 그러나, 유압 서보 제어를 이용하는 경우 단순 반복 내구 시험기 정도의 개발에 그치고 있으며, 아직까지 많은 경우 MTS, IST (Instron-Schenck Test Systems), Saginomiya 등 국외의 시험기 업체로부터 수입하여 사용하고 있는 실정이다.

이에 본 논문에서는 연직, 전후, 횡 하중등을 복

합적으로 제한 할 수 있는 장치 구조를 설계하여 기계부에 대한 기구학적 해석과 ,ADAMS 를 이용한 동역학 모델링과 해석 및 설계를 하고자 한다.

2. 시뮬레이터의 구조 및 특성

2.1 시뮬레이터 개요

Spension simulator 를 이용한 시험은 보통 다음의 4 과정을 거치게 된다.

- 1 실차 시험 데이터 측정
- 2 실차 데이터를 편집하여 기준신호(reference signal) 만들기
- 3 기준 신호와 시험기를 이용한 내구 시험 신호 만들기

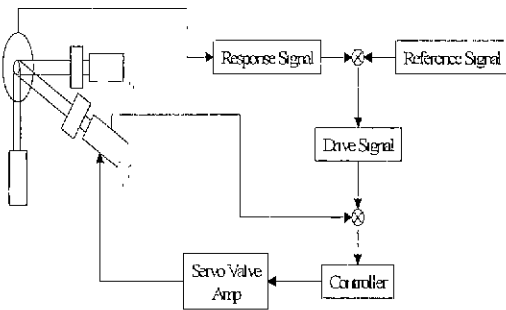


Fig 1 Diagram of simulator

제한 과정은 다음과 같이 계산된다.

입력 신호와 출력 신호의 벡터를 $x(t)$, $y(t)$, 이의 선형 스펙트럼은 $X(f)$, $Y(f)$, 자기 스펙트럼은 $G_{xx}(f)$, $G_{yy}(f)$. 상호 스펙트럼은 $G_{xy}(f)$, $G_{yx}(f)$, 그리고 시스템의 응답함수는 $H_{xy}(f)$ 라던 각각은 다음과 같다[2]

$$x(t) = [x_1, x_2, \dots, x_q]^T, y(t) = [y_1, y_2, \dots, y_q]^T$$

$$\begin{aligned} X_i &= X_i(f) = F[x_i(t)] \quad i=1,2,\dots,q \\ Y_i &= Y_i(f) = F[y_i(t)] \quad i=1,2,\dots,q \\ X &= [X_1, X_2, \dots, X_q]^T, Y = [Y_1, Y_2, \dots, Y_q]^T \\ X &= [X_1, X_2, \dots, X_q]^T, Y = [Y_1, Y_2, \dots, Y_q]^T \\ X &= [X_1, X_2, \dots, X_q]^T, Y = [Y_1, Y_2, \dots, Y_q]^T \end{aligned}$$

$$H_{XY} = H_{XY}(f) = \begin{bmatrix} H_{1y_1} & H_{1y_2} & \Lambda & H_{1y_q} \\ H_{2y_1} & H_{2y_2} & \Lambda & H_{2y_q} \\ M & M & \Lambda & M \\ H_{qy_1} & H_{qy_2} & \Lambda & H_{qy_q} \end{bmatrix}$$

이때 X, Y, Z 관계는 $Y = H_{XY}^T \cdot X$ 이며, H_{XY} 는 $H_{XY} = G_{XX}^{-1} G_{XY} = G_{YX}^{-1} G_{YX}$ 로 나타낼 수 있다

실차 시험에서 측정된 신호에서 만들어진 기준신호를 $y_d(t)$ 라 하고 k 번째 반복시험에 사용한 시험신호를 $x_k(t)$, 이때 측정 신호를 $y_k(t)$ 라 하였을 때 $y_d(t)$ 와 $y_k(t)$ 가 차이가 있어 고쳐야 하는 경우 다음 단계의 고쳐질 $\Delta y_{dk}(t)$ 는 다음과 같다.

$$\Delta y_{dk}(t) = y_d(t) - y_k(t)$$

$$\Delta Y_{dk}(f) = F[\Delta y_{dk}(t)]$$

$$\Delta x_{k+1}(t) = H_{XYZ}^{-T}(f) \Delta Y_{dk}(f)$$

$$\Delta X_{k+1}(t) = x_k(t) + \Delta x_{k+1}(t) \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

2.2 시뮬레이터의 구성

시뮬레이터는 유압 공급원과 3 개의 유압실린더로 이루어진 유압부 유압 실린더의 힘을 시험 부품에 전달하기 위한 기구부 및 제어부로 이루어 진다.

각 수직 방향, 횡 방향, 종 방향 Actuator 의 3 축 방향 하중이 작용하는 Dummy Wheel, Loading Bar 의 End 부에 Ball joint 를 적용하여 커플링 현상을 최소화 하는 구조의 링크 기구를 사용한다.

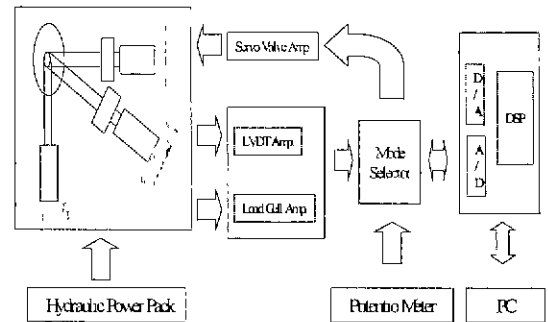


Fig 2 Concept of simulator

Actuator 의 크기에 의해 각 축의 Bell Crank 위치가 결정되고 각 축의 Bell Crank 위치는 각 Bell Crank 에서 Dummy Wheel 에 연결되는 링크의 길이를 결정하고 링크의 길이에 따라 각 축간 링크의 간섭량이 영향을 받는다.

각 축간 링크의 간섭량을 줄이기 위해 링크의 길이를 늘이면 링크기구의 크기가 커지기 때문에 적절한 링크기구의 길이 선정이 필요하다[3]

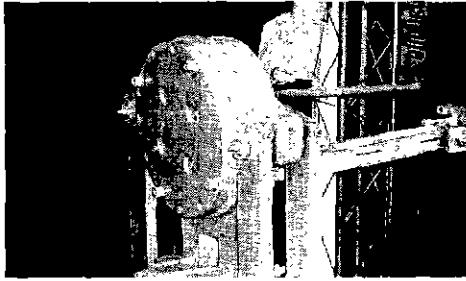


Fig. 3 Dummy wheel

특히 기구부에서 시험용 차량의 앞 차축에 도로 주행조건과 유사한 연직방향, 횡방향, 종방향 등의 힘을 가하기 위해 차량의 Wheel 을 잡아주는 Dummy Wheel 을 Actuator 로 가진 시킨다. Actuator Rod 를 Dummy Wheel 하단에 연결시키면 링크부의 크기가 커지고 각 축간 간섭효과가 커지기 때문에 Bell Crank 를 사용하여 Actuator 의 가진 방향을 전환시킨다

3. 시뮬레이터의 기구학적 해석

정광기공과 본 실험실이 공동 연구하여 실제 제작하여 운전하고 있는 시뮬레이터를 다음에 나타내었다.

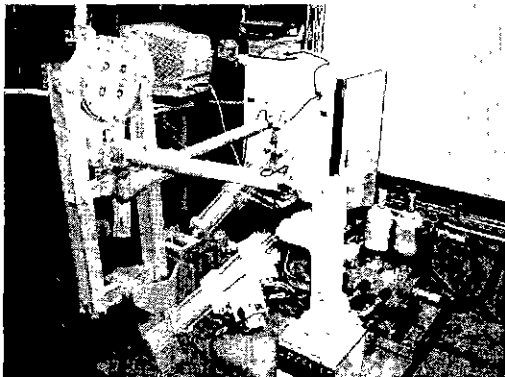


Fig 4. Real simulator

기준 좌표계의 좌표운동은 6 개의 독립좌표로 나타낼 수 있으며, 3 개의 선형 변위와 3 개의 각변위가 필요하다. 선형변위는 두좌표간의 원점을 연결한 3 개의 벡터로 표시하며, 각변위는 x 축을 중심으로 ϕ , y 축을 중심으로 θ , z 축을 중심으로 ψ 만큼 회전한 행렬로 나타낼 수 있다[2].

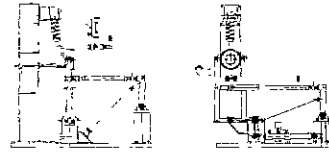


Fig 5 Lay out drawing of Multi-axial

$$R(\phi, \theta, \psi) = R(z, \phi) \cdot R(y, \theta) \cdot R(x, \psi)$$

$$= \begin{bmatrix} + & + & - \\ n, 0 & a \end{bmatrix}^T$$

3.1 기구학적 검토

시뮬레이터의 기구학적 검토를 위해 상용 해석 프로그램인 ADAMS 를 이용하여 각 조인트에 관련된 구속 조건식과, 각각의 링크의 길이와 위치 등을 정한 다음 모델링 하여 기구의 타당성을 검증 하였다.

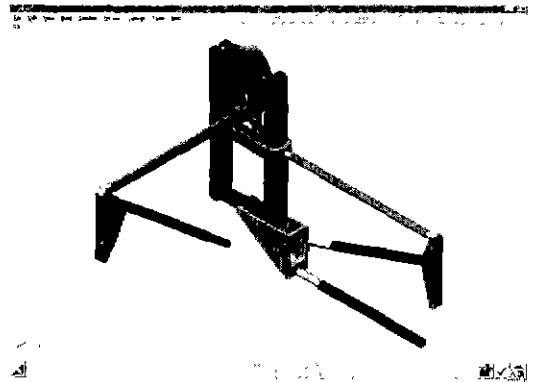


Fig 6 ADAMS simulation of simulator

3.1.1 연직방향

링크간의 간섭을 최소화 하기 위해서 더미휠의 양 끝단에 구면 베어링을 사용하여 전후, 횡축 링크가 영향을 받지 않도록 하였다. 요동절의 각위치는 구면 및 원통 6 로울러 베어링을 사용하여 X, Z 축 방향의 간섭을 최소화 하였다.

이때 연직방향의 Actuator 를 $\pm 70\text{mm}$ 만큼 움직일 때 연직 방향의 기동은 $\pm 108.5\text{mm}$, 횡방향 0mm , 종방향 -8.5mm 임을 알 수 있다.

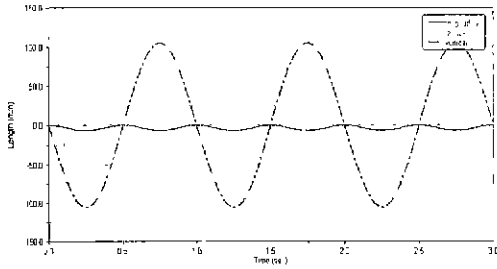


Fig 7. Position of dummy wheel at operating Y-axis actuator

3.1.2 종방향

횡방향 링크가 더미 휠 하단에 연결되어 있으므로 전후 방향 링크는 횡방향 링크와의 간섭을 피하기 위하여 로딩암의 중간 부분에 연결하였다.

종방향의 Actuator 를 $\pm 70\text{mm}$ 만큼 움직였을 때, 종방향의 거동은 $\pm 155.3\text{mm}$. 횡방향 -9.7mm , 연직방향 5.9mm 임을 알 수 있다.

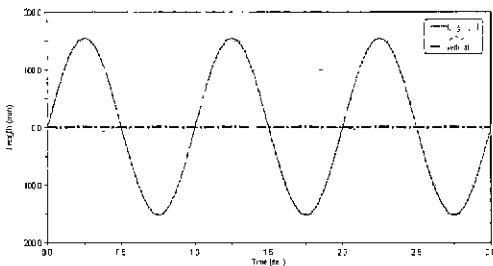


Fig 8. Position of dummy wheel at operating X-axis actuator

3.1.3 횡방향

횡방향의 Actuator 를 ± 100 만큼 움직였을 때, 횡방향의 거동은 $-8.7\text{mm} \sim +7.3\text{mm}$, 종방향 0mm , 연직방향 0mm 임을 알 수 있다. 횡방향의 Actuator 를 움직일 때 다른 방향의 링크는 영향을 받지 않는 링크 구조임을 알 수 있다

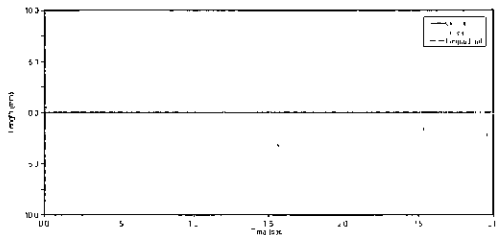


Fig 9 Position of dummy wheel at operating Z-axis actuator

4. 결론

본 연구에서는, 유압 공급원과 3 개의 유압실린더로 이루어진 유압부 유압 실린더의 힘을 시험 부품에 전달하기 위한 기구부 및 제어부로 구성된, 다축 시뮬레이터를 실제 제작하였으며, 상용 해석 프로그램인 ADAMS 를 이용하여 기구의 적절성을 판단하였다.

링크의 크기와 축간이 간섭을 해결 하기위해 각 축마다 링크와 요동절을 설치 하여 구동한 결과 기구의 적당함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 김정태, 김문생, “ 6 자유도 조작장치의 설계와 기구학적 특성에 관한 연구”, 한국과학기술원 박사학위논문, 1997
2. J S.Bendat, A G Piersol, Random Data, Analysis and Measurement Procedures, 2nd Ed., John Wiley & Sons, 1986.
3. 김규하. “ 차량 시뮬레이터용 6 축 링크기구의 보간 최소화 설계”. 전남대학교 석사학위논문, 2000
4. John J Craig, “Introduction to Robotics: mechanics and control”, 2nd Edition, Addison-Wesley, New York, 1989, pp.43-50