

현가장치 시험기에 대한 유압의 응용¹⁾ Hydraulic System for Automobile Suspension Test

大坪靖 · 鬼頭岩夫
Y. Ohthubo and I. Kitou

1. 서론

유압 서보밸브를 이용한 유압 서보시험기는, 유압이 갖고 있는 큰 파워와 입력의 제어가 비교적 용이하다는 특징으로 인하여 자동차나 오토바이의 현가장치 평가 설비로서 널리 이용된다.

본 논문에서는 현가장치의 평가설비로서의 유압 서보시험기에 대해서, 시험방법과 함께, 몇몇 사례를 소개한다.

2. 현가장치의 기능¹⁾

현가장치는 차체중량을 지지하고, 고르지 못한 노면 등에 의한 차륜의 상하진동을 완화, 흡수하고, 진동이 차체에 직접 전달되는 것을 방지한다. 그리고 차륜의 진동을 억제하고 주행안정성을 향상시킨다. 이러한 기능들을 수행하기 위해서 현가장치는 그림 1과 같이, 차륜의 상하운동에 대응하여 적당한 강성을 갖는 탄성요소로서의 스프링과, 적절한 정도의 진동감쇠요소로서의 댐퍼로 구성된다. 현가장치 스프링에는 다판 스프링, 코일 스프링, 토션바(torsion bar), 고무 스프링, 에어 스프링 등이 있고, 속업 쇼버(shock absorber)로는 유압식이 일반적으로 사용된다.

또한, 현가장치는 차륜과 노면 간에 발생하는 구동력/제동력/횡력 등 각종 노면 반력을 차체에 전달하고, 차의 운동성능을 양호하게 유지하지 않으면 안된다. 그러기 위해서 차륜과 차체 사이에서 전후/좌우 방향에 대해 적절한 정도의 강성을 가지는 결합요소로서 각종의 링크기구가 사용된다.

현가장치의 구성요소인 속업쇼버에 대해서 간단히 설명하면, 차체나 차륜의 상하진동을 억제하려고 하는 저항력을 감쇠력이라고 하고, 감쇠력을 발생시키는 기능부품을 속업쇼버라고 한다. 대표적인 속업쇼버의 구조 예를 그림 2에 나타내었다.

속업쇼버를 대표하는 성능으로서는 감쇠력, 프리쿠션을 들 수 있다. 스트러트나 오토바이의 프론트포크 등, 서스펜션의 구조부분 재료로서의 역할을 담당하는 경우, 그 강성도 중요한 성능의 한가지이다.

3. 현가장치 시험기에서의 평가

자동차의 평가는 현가장치에 한정되지 않고, 평가의 목적, 내용 등에 따라서 실차주행평가 또는 시험벤치 평가가 선택적으로 실행된다. 시험 벤치 평가는 실차주행평가에 비하여,

- ① 평가의 정확도, 재현성
 - ② 효율
 - ③ 안전성
 - ④ 코스트
- 등의 면에서 이점이 많다.

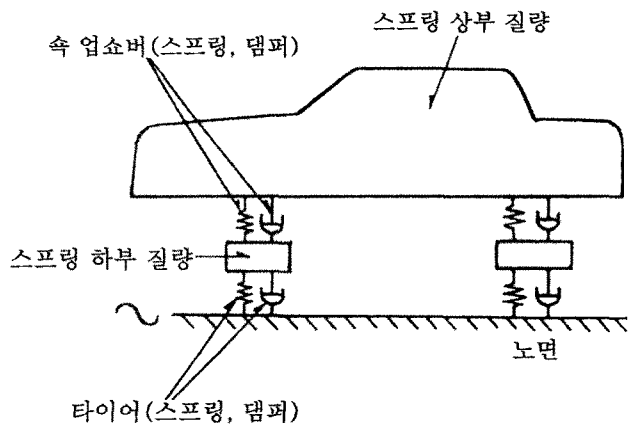


그림 1 자동차의 상하진동 모델

3.1 유압 서보시험기의 구성과 작동원리²⁾

시험 벤치 설비로서 널리 이용되는 유압 서보시험기는, 피드백제어를 기본제어방식으로 하고, 제어부에 전기, 조작부에 유압실린더를 사용하여 실험장치에 힘이나 진동을 가하여, 그 변위나 하중 또는 비틀림 등을 제어한다.

유압 서보시험기의 구성은 그림 3에 나타나 있듯

1) 본 기술해설은 油壓と空氣壓 第28卷 第3号에 실린 것으로 번역 수록한 것임.

이, 지령부, 서보컨트롤러부, 가진부, 유압유닛으로 구성된다.

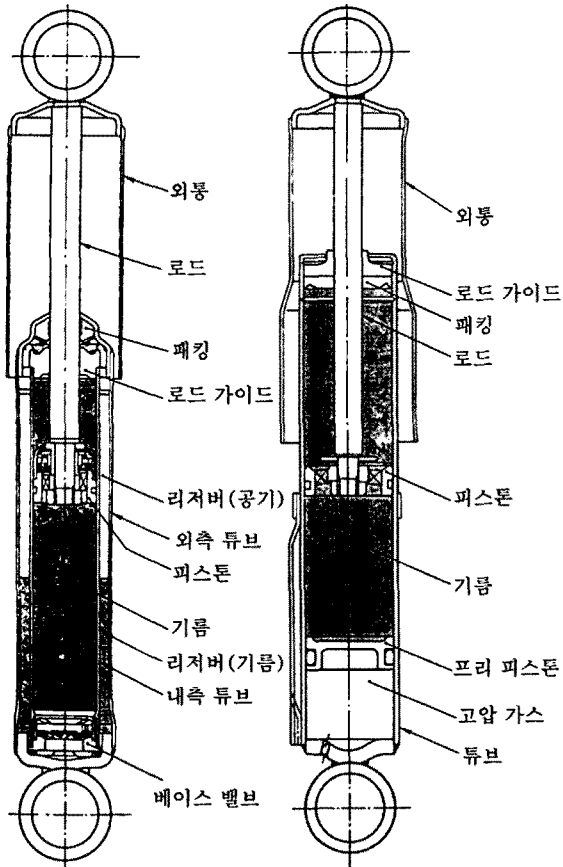


그림 2 속 업쇼버의 구조 예

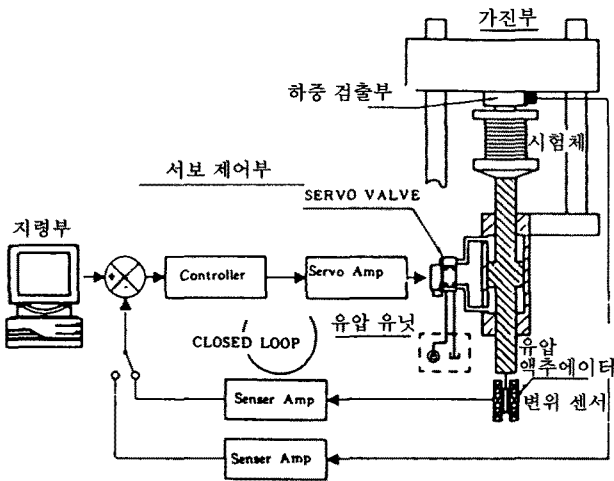


그림 3 유압 서보시험기의 기본구조

지령부에서 작성된 목표신호(변위, 하중의 파형)가 서보 컨트롤러에 보내지고, 컨트롤러, 서보앰프를 지나, 서보밸브를 구동한다. 서보밸브는 전류신호를 오일의 흐름의 신호로 변환하여, 액추에이터의 피스톤을 움직이게 한다. 피스톤의 변위, 시편의 하중, 비틀

림의 신호가 센서, 앰프에서 처리되고 피드백을 받아 목표신호를 추종한다. 피드백 제어, 제어계의 최적화에 의한 높은 제어 정확도, 외란에 대응하는 안정성을 확보한다. 시험기의 성능은 피스톤의 단면적과 압력, 제어 가능한 유량/주파수 등 서보밸브의 성능에 의해 가진력, 속도가 정해지고, 여러 가지 시험기가 구성된다.

3.2 시험 평가 설비

시험평가는, 다양한 시험기를 사용하여 실행된다. 시험기를 시험규모별로 분류하면 다음과 같다.

3.2.1 실차 대상 평가 설비

자동차를 그대로 시험기에 설치하고, 성능, 강도, 내구성을 평가하는 것이다. 시험기는 4축을 각각 가진할 수 있게 되어 있고, 실차주행상태를 시뮬레이션한 시험이 가능하다.

3.2.2 어셈블리 평가 설비

자동차의 현가장치 어셈블리를 2축 혹은 1축만 시험기에 설치하고, 현가장치의 성능, 강도, 내구성 등을 평가하는 것이다. 시험기는 2축~1축의 가진기에 현가장치를 가상으로 장치할 수 있다. 전문적인 실차대상평가에 가까운 평가를 얻을 수 있고, 실차대상평가보다 비교적 손쉽게 실행할 수 있다.

3.2.3 요소 단품 평가 설비

현가장치를 구성하는 요소 한 개 한 개의 성능, 강도, 내구성 등을 평가하는 것이다. 시험기는 요소/목적별로 다양하다. 일반적으로 단품평가는 상기의 평가설비에 비해, 비교적 간단한 설비로 실행할 수 있고, 그럼에도 불구하고 매우 중요하다. 단품을 평가하는 것으로 현가장치 전체에 대한 성능, 강도, 내구성 등을 매우 높은 정확도로 추정할 수 있다.

3.3 진동/승차감 평가설비

진동, 승차감의 평가는, 시험기 위에서 차량이나 현가장치 등을 가진하여 진동계측이나 분석을 실행하는 것이다. 여기에서는 대표적인 시험기를 소개한다.

3.3.1 로드 시뮬레이터¹⁾

실차 대상 평가와 유사한 로드 시뮬레이터는, 실차에 주어지는 노면 입력신호를 가진기에서 재현시키는

장치이고, 여기에 차량을 설치하여 진동, 승차감의 평가를 실행한다. 시험기의 구성은, 독립된 4대의 가진기로 이루어진다. 통상 가진주파수는 100Hz, 가진 진폭 $\pm 100\text{mm}$, 가진력 $\pm 20\text{kN}$, 가진속도 $\pm 2\text{m/s}$ 정도의 성능을 가진다. 사인파나 구형파 등의 단일파형 가진이나 실차주행에 상당하는 불규칙 파형을 가진 할 수 있다. 그림 4에 로드 시뮬레이터, 그림 5에 불규칙 가진에 의한 시험시스템의 예를 나타낸다.

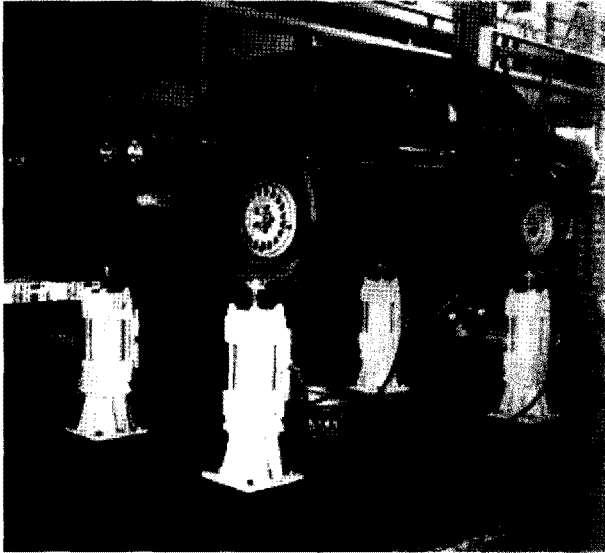


그림 4 4축 로드 시뮬레이터

진동, 승차감의 평가에서는, 스프링 상부 질량 (sprung mass)의 가속도, 스프링 하부질량(unsprung mass)의 가속도, 변위 등이 일반적인계측 항목이다. 검출에는 스트레인 게이지식이나 압전식 가속도 변환기, 직선 또는 회전식 변위계 등이 사용되고, 모두 전기신호로서 출력된다. 벤치평가의 경우, 출력신호는 그대로 물리량으로서 기록하고, 파형이나 절대값을 보거나, 분석장치에서 데이터 처리를 실행하여, 전달함수나 파워 스펙트럼 밀도(power spectrum density), 빈도분포 등을 산출하는 경우가 많다.

3.3.2 속 업쇼버 성능 시험기¹⁾

요소 단품 평가에 상당하는 것으로, 현가장치를 구성하는 부품 중에서 속 업쇼버의 평가를 실행하는 시험기이다. 단일 부품의 경우, 앞에서 서술한 바와 같이 차량으로서 혹은 현가장치로서 평가하는 진동, 승차감의 계측은 불가능하다. 따라서 이러한 경우는, 진동, 승차감의 특성을 간접 계측하여 평가하게 된다. 속업쇼버의 경우는, 감쇠력 및 프리 쿠션이 간접 측정 대상이 된다.

시험기의 구성은 유압 서보가진기, 제어반, 검출기, 기록부 등으로 이루어진다. 측정항목은, 감쇠력, 속도, 변위의 3가지이다. 프리 쿠션의 경우, 여기에 횡하중 부하장치가 더해진다.

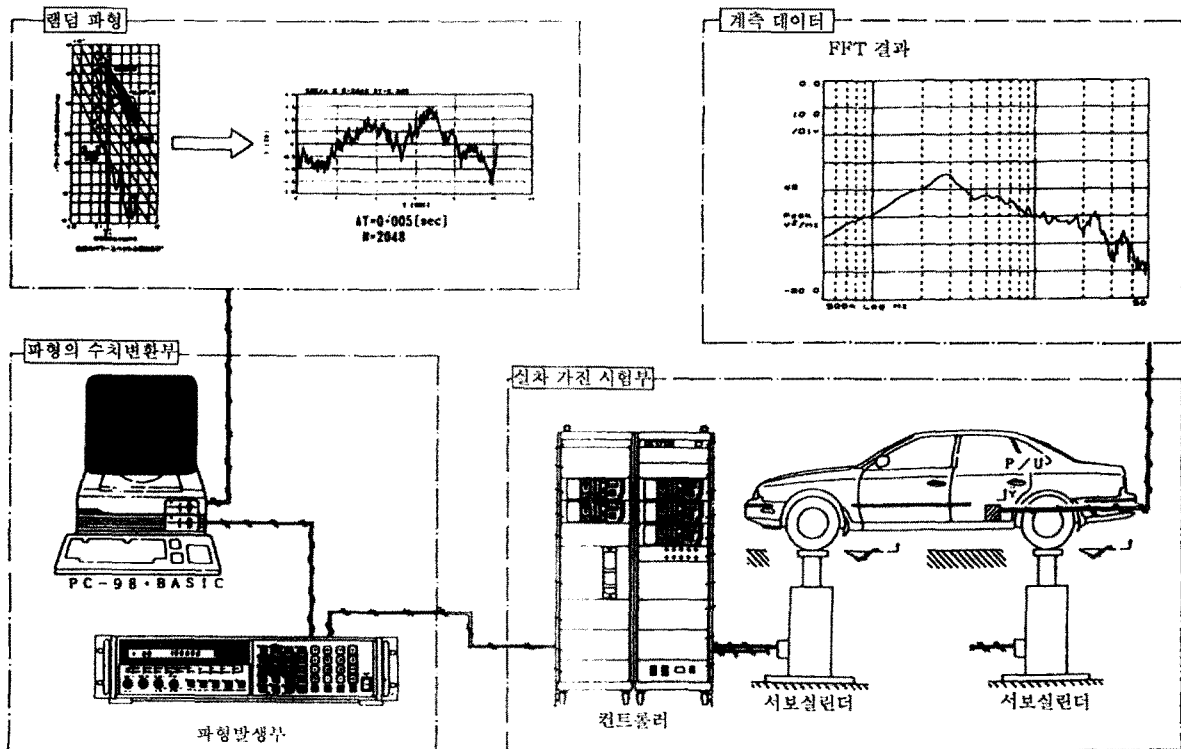


그림 5 랜덤 가진에 의한 실차의 시험 벤치 평가 시스템

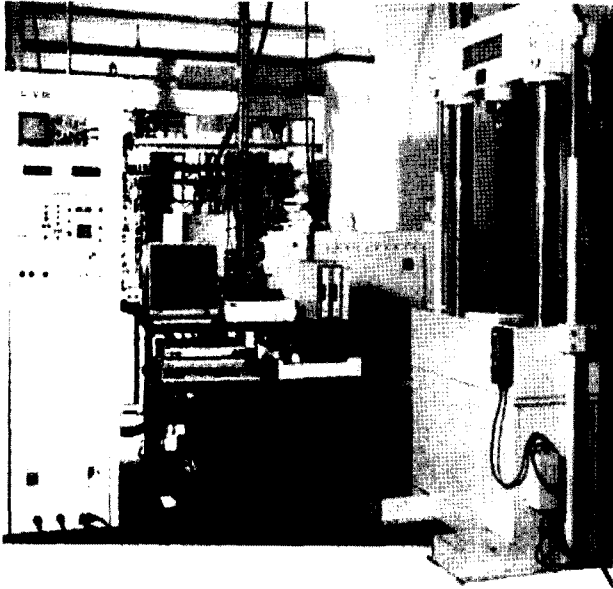


그림 6 속 업쇼버의 성능 시험기

감쇠력은 통상, 감쇠력 속도 특성으로 불리는데, 일정한 가진 진폭으로 가진속도를 변화시켜 각 속도에서의 감쇠력 값, 감쇠력 파형 등을 평가한다. 가진은 사인파에서 이루어지고, 가진진폭은 50mm정도, 속도는 0.1~1.0m/s가 일반적이다.

프리 쿠션은 속 업쇼버의 섭동 저항이고, 속 업쇼버의 로드 가이드부에 횡하중을 부가한 때의 저항 값의 크기로 평가한다. 가진조건은 속업쇼버의 종류에 따라 다소 다르지만, 가진진폭 5~10mm, 속도 0.002m/s, 횡하중 0~900N이다. 그림 6에 속 업쇼버 성능시험기를 나타낸다.

3.3.3 방진(防振) 고무 작동특성 시험기²⁾

방진고무 작동특성 시험기는, 속 업쇼버의 고무 부시(rubber bush)나 스트러트 마운트 등의 방진고무의, 정현파 고주파진동에 대하여 휘는 정도와 하중의 관계를 나타내는 작동특성, 작동 스프링 상수, 작동 감쇠계수, 손실각을 계측하는 시험기이다.

방진고무 작동특성 시험기의 주된 시행방법을 표 1에 나타낸다. 커다란 프리 로드에 대하여 매우 작은 진폭으로 높은 주파수까지 가진할 수 있고, 광범위의 계측이 가능하다.

방진고무 작동특성 시험기의 외관을 그림 7에, 시스템 구성을 그림 8에 나타낸다. 특징으로서는,

① 높은 주파수까지 가진할 수 있게, 파일럿 스프링을 직접 무빙 코일에서 구동하고, 대형의 스프링을 움직여 직동형 2단 서보밸브(초고속 서를 채용하고 있다.

- ② 프레임은 매스플로팅방식을 채용하여 반력을 프레임 강성이 아니라 관성에서 받아, 프레임 공진의 영향을 받지 않는 구조로 되어있다.
- ③ 하중검출기는, 강성이 높고 S/N 비율이 좋은 압전형의 로드와셔를 채용하고 있다.
- ④ 변위상당입력으로서 속도, 가속도의 전환이 가능하고, 높은 주파수까지의 계측이 가능하다.

표 1 방진고무 작동특성 시험기의 주된 규격

| 방진 고무 작동 특성 시험기 주된 규격 | |
|-----------------------|-----------------------|
| 가진력 | ±20 kN |
| 최대 변위 (정적) | ±25 mm |
| 최대 변위 (동적) | ±10 mm |
| 최대 속도 | ±50 cm/s |
| 최대 가속도 | ±500 m/s ² |
| 주파수 범위 | 5~1000 Hz |
| 프리(pre)로드 | 최대 10 kN |
| 작동 하중 범위 | 4~10000 N |
| 측정범위 K값 | 4~20000 N/mm |
| C값 | 0.01 ~ 100 N·s/mm |
| tan δ | 0.01 ~ 10 |

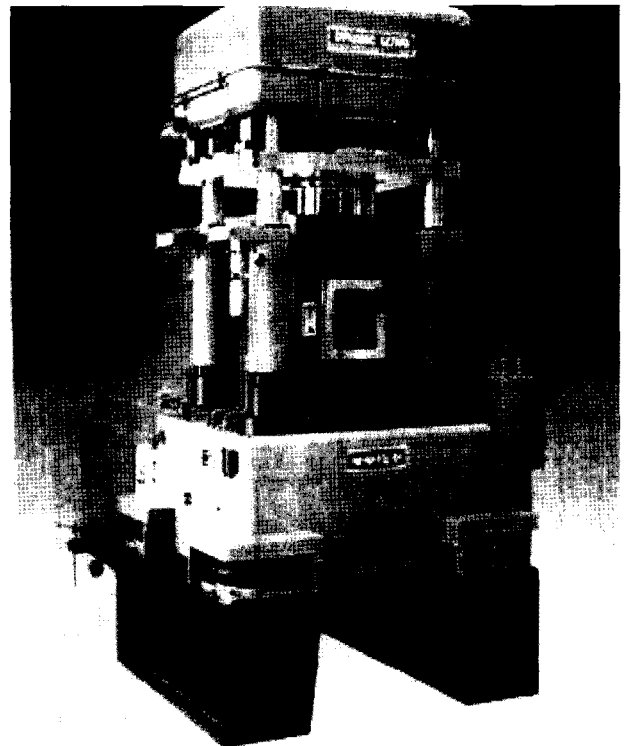


그림 7 방진 고무 작동 특성 시험기

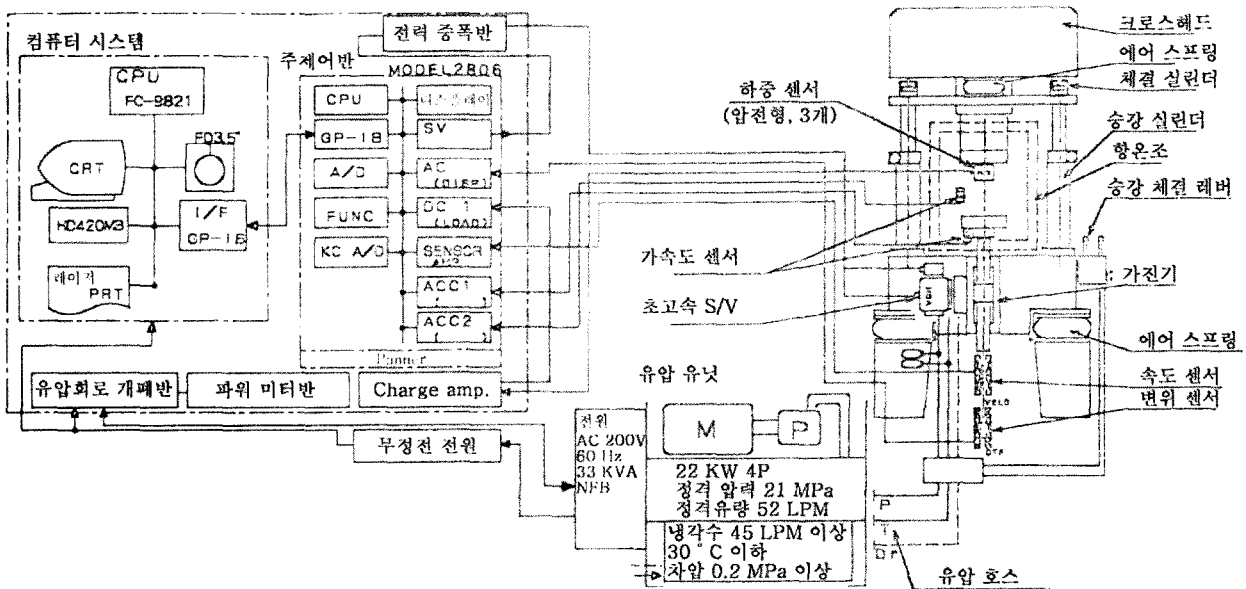


그림 8 방진 고무 작동 특성 시험기의 시스템

3.4 강도/내구성의 평가 장치

강도/내구성의 평가는, 현가장치를 구성하는 부분 재료의 한계강도시험, 피로시험, 환경에 대한 내구시험, 성능열화시험 등이 주된 것이고, 모두 가속시험으로 시행한다. 각 시험에 있어서 입력조건은, 실차 주행시험에서 얻은 데이터나 시장실적 등에 의한, 적절한 변위, 속도, 힘, 가속도, 온도 등이 주어진다.

3.4.1 로드 시뮬레이터

실차 벤치 평가 및 어셈블리 평가에 해당하는 것으로, 현가장치에 상하, 전후, 좌우의 3방향 진동을 가하여, 차축 주변의 모멘트도 입력가능하다. 결과는, 실차내구주행 등에서 얻어진 입력을 그대로 충실하게 재현하여 부하로서 가하는 것으로 랜덤 피로 시험이라고도 불린다. 그림 9에서 다축형 로드 시뮬레이터의 예를 나타낸다.

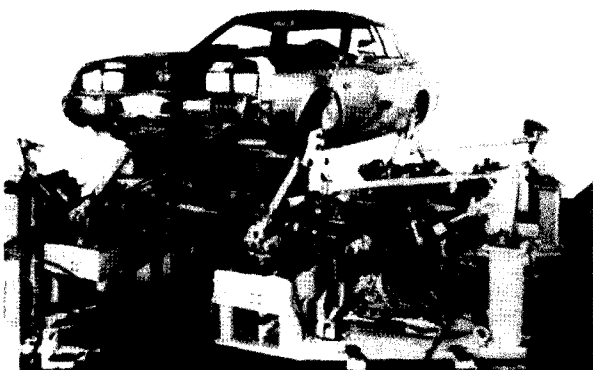


그림 9 다축형 로드 시뮬레이터

3.4.2 속 업쇼버 내구 시험기

속 업쇼버의 오일 씰의 성질이나, 섹션부의 마멸성, 감쇠 밸브의 내구성 등의 평가를 실행하는 것이다. 변위, 속도, 횡하중, 온도 등의 조건을 관리하면서 내구시험을 실시한다. 그림 10에 속 업쇼버 복합 내구시험기의 예를 나타내었다.

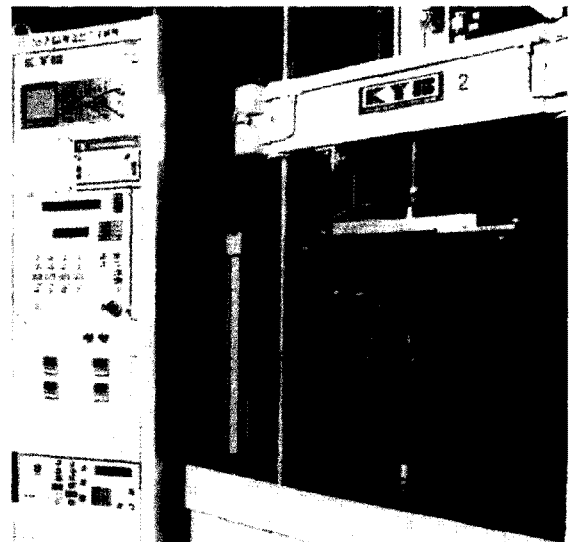


그림 10 속 업쇼버 복합 내구 시험기

4. 맺음말

현가장치의 벤치 시험 평가에서 널리 이용되는 유압서보시험기에 대하여, 몇 가지 예를 소개하였다. 속 업쇼버에 대해서도, 경량화, 컴팩트화, 저가격

화, 고성능화의 요구와 함께, 보정기간의 연장, 개발기간의 단축과 같은 요구도 최근 한층 더 엄격해지고 있다. 그러한 상황 속에서, 제품의 평가 그리고 그것을 위한 소프트웨어도 포함한 시험설비가 더욱 더 중요한 위치에 놓이고 있다. 보다 더 고도의 보다 더 안전한 제품의 개발/평가를 위하여, 사용하기 쉽고, 항상 요구대로의 성능을 발휘 할 수 있고, 고장이 적은 유압 서보시험기가 기대된다.

참고문헌

- 1) 카야바工業株式會社編, “自動車のサスペンション、”, 山海堂, 1991.
- 2) 竹内, 豊島, “サーボ弁の應用 「試験機」”, 油空壓技術, Vol. 33, No. 9, pp. 57~63, 1995.
- 3) 北村, 米澤, “ランダム入力によるサスペンションの實車台上評價”, 카야바技報, No. 11, pp. 31~36, 1995.

- 4) 動特性試験機取扱説明書, 株式會社鷺宮製作所, 1996.
- 5) MTS Co., “MTS Idea Book for Vehicle Technology”, MTS, 1983.

[저자 소개]

大坪靖

카야바工業(株) 自動車技術研究所 基礎研究室, 1982년 카야바工業(株) 입사, 自動車用油壓緩衝機器 研究・評價에 종사

[저자 소개]

鬼頭岩夫

카야바工業(株) 自動車技術研究所 基礎研究室, 1964년 카야바工業(株) 입사, 自動車用油壓緩衝機器 研究・評價에 종사