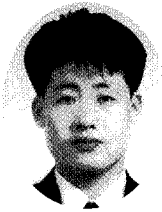




승용차용 공기 스프링 개발

Development of Passenger Car Air - spring



이수창 • 대원강업

Soo-Chang Lee • Daewon Kang Up Co., Ltd.



임철록 • 대원강업

Chul-Rok Lim • Daewon Kang Up Co., Ltd.

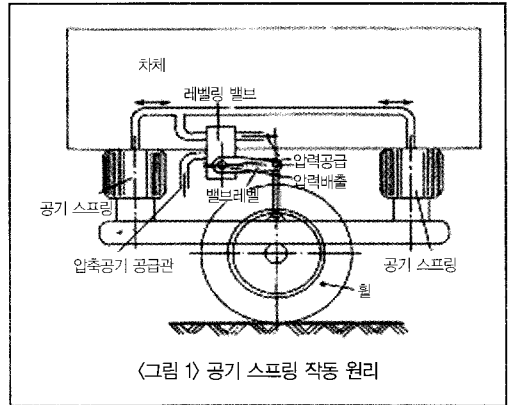
1. 서론

공기 스프링은 공기의 압축과 팽창에 의해 얻어지는 탄성효과를 이용하여 하중을 지지하는 스프링이다. 기존의 코일 스프링 역할을 대체하는 것으로서 공기압을 이용한 탄성 에너지를 이용한다. 공기 스프링 적용으로 낮은 고유진동수가 가능함에 안락한 승차감을 유지할 수 있으며, 공기 양을 조절함으로써 차고 조절이 가능하며, 차량의 조종안정성 향상에 기여하게 된다. 압력과 체적 및 유효면적이라는 인자에 의해 스프링 상수가 결정된다. 일반적으로 승용차에 사용되는 공기 스프링은 공기압이 높기 때문에 기밀유지를 위하여 엄격한 치수 관리 및 표준이 설정되어 지속적인 유지관리가 요구된다. 또한 높은 내구성을 필요로 하는 특성이 있는 바, 공기 스프링 개발 시 중점을 두고 개발되어야 하는 핵심 기술 중의 하나이다. 전자제어 시스템과 접목되어 센서 신호를 ECU가 받아들여 각종 차량제어를 수행하게 된다. 본문은 공기 스프링의 작동원리, 시스템 개략도, 설계기술, 해석기술, 제조기술 및 시험평가 기술 순으로 서술한다.

2. 공기 스프링의 작동원리

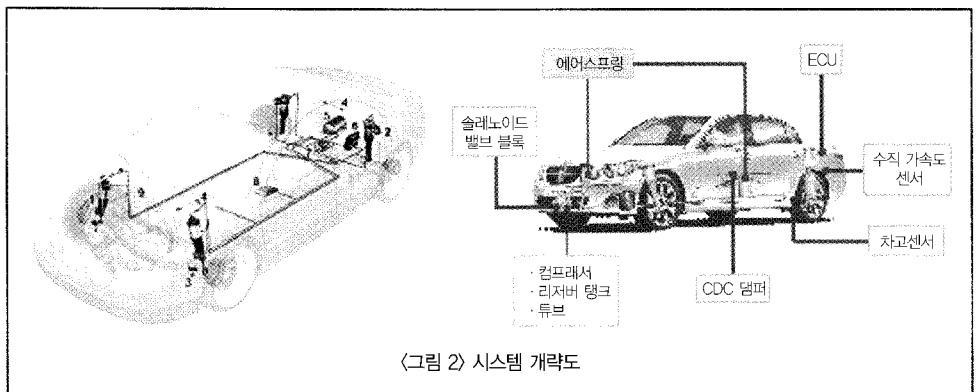
〈그림 1〉은 공기 스프링의 기본적인 작동 원리를 도시한 것으로서 차체에 하중이 증가하면 일차적으로 공기 스프링이 압축되어 공기 스프링 지지부와 차체 사이의 거리가 줄어든다. 레벨링 밸브가 위치 변화를 감지하여 저장탱크 사이의 유로를 만들어 주어 공기 스프링의 원래의 높이로 복원될 수 있도록 한다.

레벨링 밸브는 차체의 빠른 운동에 따른 공기의 과소모를 방지할 수 있도록 레버 길이 조정으로 지연 작동되게 설계 되어진다.



3. 시스템 개략도

〈그림 2〉는 전자제어식 공기현가장치에 대한 시스템 개략도로서 각종 센서의 신호를 ECU가 받아들여 차량제어를 수행하는 것으로 주요 구성품은 공기 스프링, CDC 댐퍼, 컴프레서, ECU 및 센서류로 구성 되어진다.

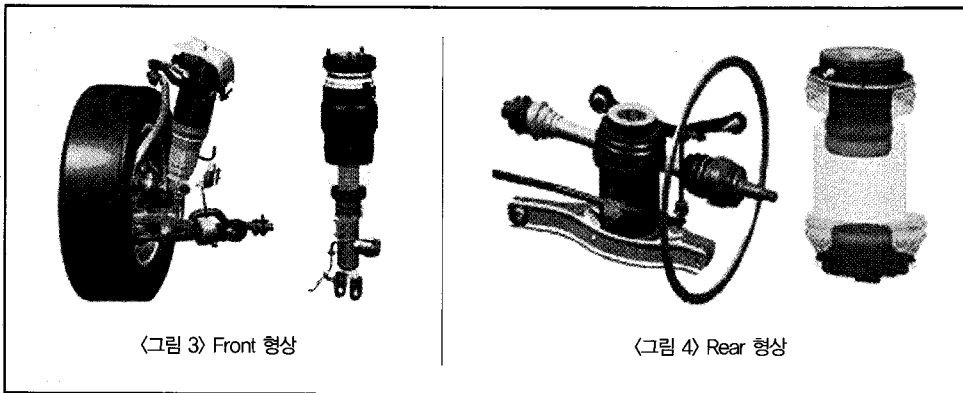


4. 설계 기술

차량 데이터를 근간으로 서스펜션 분석, 부품 벤치마킹, 공기 스프링 설계, 에어 벨로우즈 설계, 기타 부품 설계, 시제품 제작 및 신뢰성 평가 수순으로 진행된다.

〈그림 3〉과 〈그림 4〉는 Front 및 Rear 차시 모델 및 공기 스프링의 형상을 나타낸 것으로, 공기 스프링의 구성부품은 Front는 에어 벨로우즈, 댐퍼 및 메탈파트로 크게 구성 되며, Rear는 에어벨로우즈와 메탈파트로 구성 되어진다.

주요 구성품인 에어 벨로우즈와 메탈파트의 최적 조합 설계를 통하여 차량의 승차감 및 조종안정성을 극대화 시킬 수 있다. 특히 에어벨로우즈는 차량의 승차감을 좌우하기 때문에 벨로우즈 설계기술이 공기 스프링의 핵심 기술이라 할 수 있다.



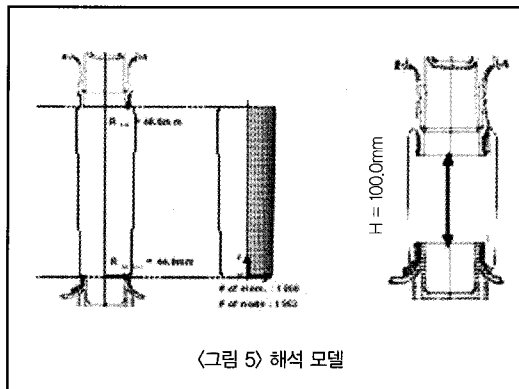
〈그림 3〉 Front 형상

〈그림 4〉 Rear 형상

5. 해석 기술

에어 벨로우즈는 고무와 코드지의 조합으로서 고무는 초탄성 비선형 거동을 나타내고 코드지의 구성 각도가 변형에 의해 변화하면서 벨로우즈의 강도와 강성의 비선형특성을 표현하는 제품으로서 이를 고려한 해석 기술이 필요하다. 또한 고무와 코드지의 조합된 상태로 스프링 특성이 나타나기 때문에 일반적으로 상용화된 소프트웨어에서 제공하는 요소를 사용해서 특성을 해석하는 것이 거의 불가능하여 에어 벨로우즈의 특성을 반영한 해석 요소를 개발하고 이를 바탕으로 변형특성을 설계에 반영하는 전문화되고 신뢰성 있는 In-House 소프트웨어의 개발이 진행중이다.

〈그림 5〉는 해석 모델을 구현한 것으로 무부하 상태에서부터 공기를 공급하여 차량 Design 조건 상태로 가는 과정을 나타내고 있다.



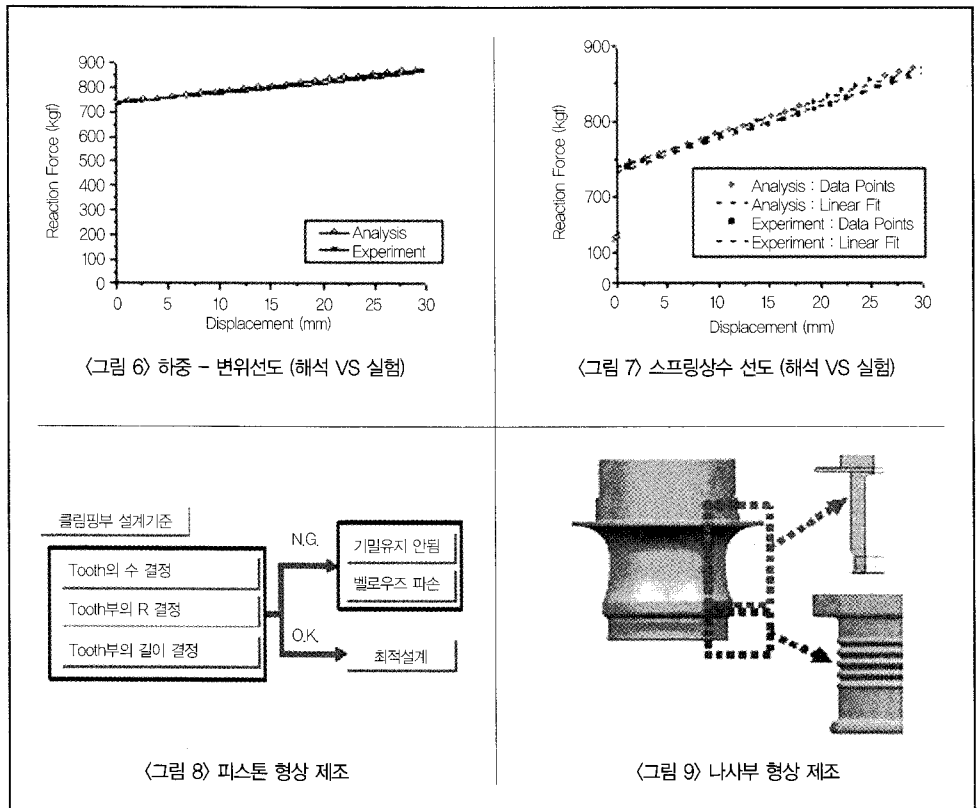
〈그림 5〉 해석 모델

〈그림 6〉은 스프링 특성 곡선을 검증하기 위한 것으로 해석값과 실험값과의 차이는 7.5% 수준으로 좀 더 정밀도를 높이는 과정을 진행 중이다. 〈그림 7〉은 스프링 상수 곡선을 검증하기 위한 것으로 해석값과 실험값과의 차이는 8.8% 수준이다.

6. 제조 기술

에어 벨로우즈 제조의 주요인자를 보면 고무와 코드의 적층 수, 코드지 각도, 고무의 물성치 등이 특성에 영향을 미친다. 또한 메탈 파트의 경우 에어 벨로우즈의 거동을 결정하는 피스톤의 킨투어 형상 및 나사부 형상이 주요 변수이다.

〈그림 8〉과 〈그림 9〉는 피스톤 Tooth 설계 및 제조를 위하여 검토되어야 할 항목으로 체결력 및 공기 스프링의 기밀과 밀접한 관계가 있다.



〈그림 6〉 하중 - 변위선도 (해석 VS 실험)

〈그림 7〉 스프링상수 선도 (해석 VS 실험)

〈그림 8〉 피스톤 형상 제조

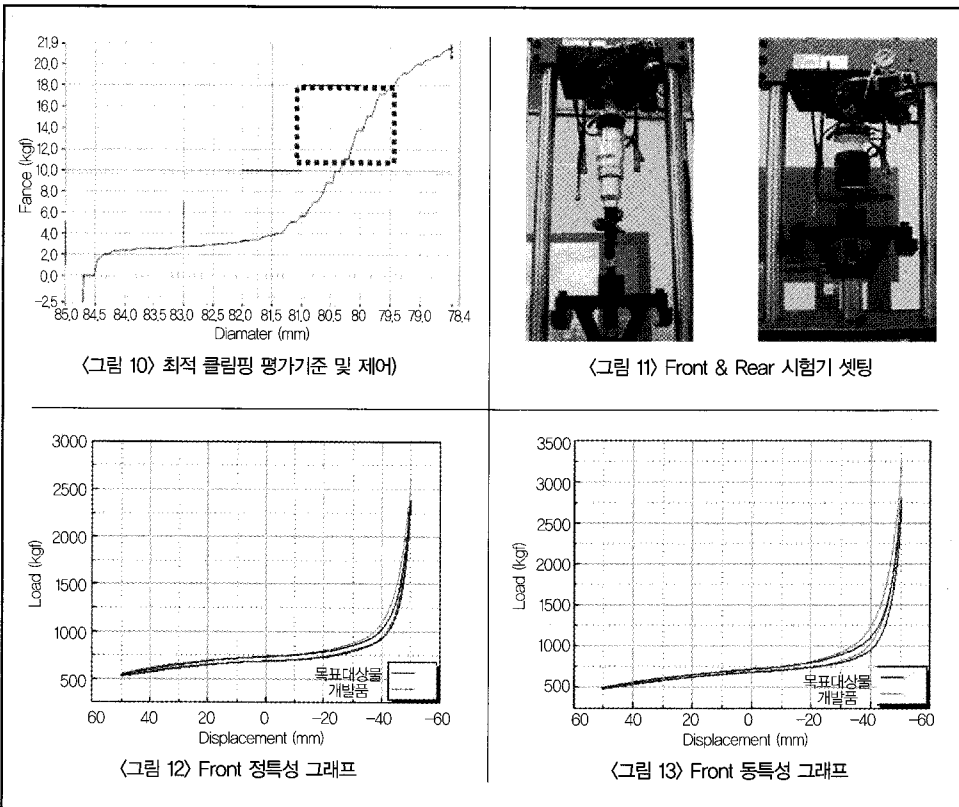
〈그림 9〉 나사부 형상 제조

〈그림 10〉은 최적의 클리핑 압력을 제어하는 것으로 에어 벨로우즈와 피스톤을 연결하기 위하여 스프링백을 고려한 클리핑 조건 설정이 중요한 제조 기술이라 하겠다.

7. 시험 평가 기술

공기 스프링의 설계, 해석 및 제조 기술을 바탕으로 시제품에 대한 시험 평가를 수행한 결과 목표로 하는 대상물의 기준을 모두 만족하였다.

〈그림 11〉은 공기 스프링의 특성을 평가하기 위하여 시험기에 장착한 상태를 보여주고 있다. 〈그림 12〉와 〈그림 13〉은 FRONT 정특성 및 동특성 결과 그래프를 도시한 것으로 정특성은 5.1%, 동특성은 3.6%의 오차를 나타내고 있다.



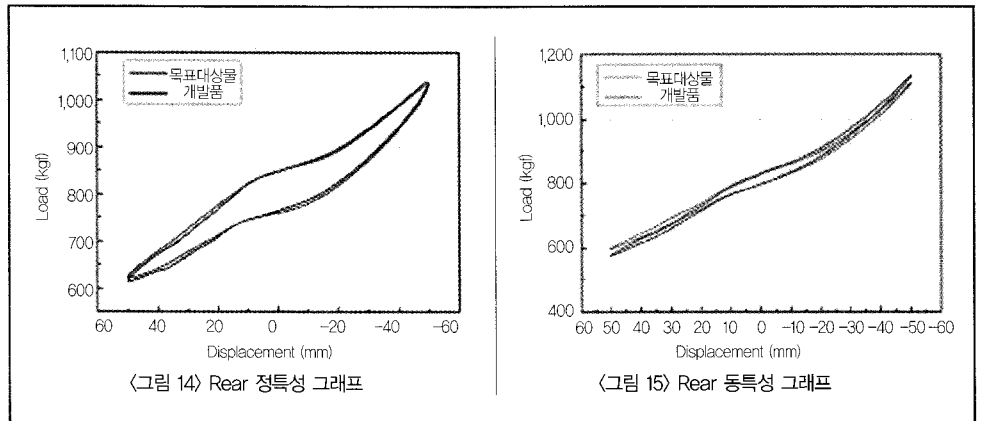
〈표 1〉에는 FRONT 정·동특성에 대한 스프링상수 결과 값을 보여주고 있다. 〈그림 14〉와 〈그림 15〉는 REAR 정특성 및 동특성 결과 그래프를 도시한 것으로 정특성은 11.2%, 동특성은 4.3%의 오차를 나타내고 있다. 〈표 2〉에는 REAR 정·동특성에 대한 스프링상수 결과값을 보여주고 있다. Front, Rear 정·동특성에 대한 스프링상수 결과 값이 기준에 모두 만족하고 있다.

〈표 1〉 Front 정·동특성 결과

구분	스프링 상수 (kg/mm)		
	기준	목표대상품	개발품
정특성	1.35±15%	1.36	1.29
동특성	2.55±15%	2.22	2.30

〈표 2〉 Rear 정·동특성 결과

구분	스프링 상수 (kg/mm)		
	기준	목표대상품	개발품
정특성	1.85±15%	1.7	1.89
동특성	3.15±15%	3.0	3.13



8. 결론

공기 스프링의 개발은 개발 수순에 따른 절차와 산학과제를 통하여 정립된 피스톤의 형상변화에 따른 스프링의 특성 변화를 예측함으로써 현 차종 뿐만 아니라 향후 개발될 차종에도 요구하는 목표 성능을 맞추기 위하여 해석 프로그램을 활용하여 수시 특성 튜닝 가능하도록 개발이 완료 단계에 있다. 안락한 승차감과 각종 제어를 통하여 고객의 요구 성능을 더 한층 충족시킬 수 있을 것으로 예측하며, 향후 점진적인 시장 확대가 예상된다.

〈이수창 과장 : lsckim@dwku.com〉