

차량 개발시의 해석 업무

김 관 주

기아자동차(주) 기술센터



●1957년생
●구조해석, 전산역학을 전공하였으며, 진동 소음 및 동역학에 관심이 있다.

서 명 원

기아자동차(주) 중앙기술연구소



●1957년생
●구조최적화를 전공하였으며, 충돌해석, 피로해석, 최적화에 관심이 있다.

1. 머리 말

새로운 차종이 시장에 데뷔하기 위해서는 일반적으로 상품 기획에서 부터 설계, 홍보까지의 수 백명의 인원과 4~5년의 개발시간이 집중 투입된다. 자동차 회사로서는 신차를 개발 판매하기 위하여 개발, 설비를 포함한 거액의 투자를 필요로 하고 그나마 성공의 보장은 없다. 주행시 쾌적한 차량, 충돌 사고시의 승객 보호 등의 고객의 요구와 강화되는 배기 규제, 환경 소음 대응, 차량개발 기간의 단축을 실현하기 위하여 컴퓨터에 의한 해석기술에 대한 요구는 증대하며, 또한 다양화해진다. 본 글에서는 이러한 개발 단계에서 중요한 한 부분인 해석 분야의 업무를 설명하고 각 업무에 대하여 간략히 언급하기로 한다.

2. 차량개발 과정

일반적으로 차량개발 과정은 크게 4단계로

구분하며, 그림 1과 같다. 경쟁차 분석 및 데이터베이스 분석에 의한 목표치 설정을 위한 준비 단계, 전반적인 설계 인자제공의 선행 단계, 스타일이 점점 구체화되면서 자세한 해석을 하는 상세 해석단계, 시제품 제작 이후 실험과정에서 발생하는 문제 해결을 위한 문제해결 단계등으로 나눌 수 있다. 설계 및 실험의 지원 수단의 해석 업무는 구조해석(선형, 비선

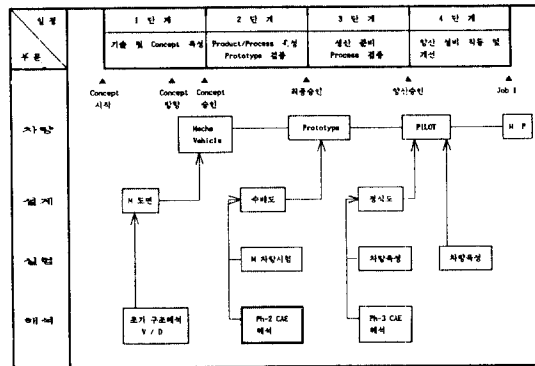


그림 1 차량개발 4단계

형), 충돌해석, 차량동역학 그리고 소음진동 분야로 크게 구성되어 있다. 각 분야에 관하여 살펴 보면 다음과 같다.

2.1 구조해석

가장 일반적이고 광범위하게 행해지는 해석으로서 자동차 CAE의 기본적인 분야이다. 인원비율로 보면 총 해석 인원의 80% 이상을 차지하는 분야이다. 해석대상은 화이트바디, 서스펜션 부품, 문, 본넷, 브라켓 등 바디 및 샷시의 거의 모든 부품이라 할 수 있다.

선행단계에서는 간단한 해석용 모델을 만들어 전체적 성능(주로, 정, 동강성)이 준비 단계에서 설정한 목표에 맞도록 설계인자를 뽑아낸다. 상세 단계에서는 구체화된 설계를 이용하여 보다 상세한 모델을 만든다. 이단계에서는 변형량, 강성, 응력, 진동, 피로파괴 등을 해석한다.

사용하는 해석도구는 대개가 선형해석 소프트웨어인 엔진마운팅, 실링 등의 고무류 해석과 루프크라쉬 등의 대변형 해석에는 비선형 소프트웨어가 쓰인다. 기아자동차에서는 모든 설계자가 설계와 해석을 동시에 할 수 있도록

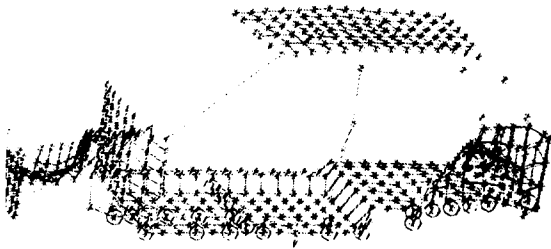


그림 2 선행단계의 모델

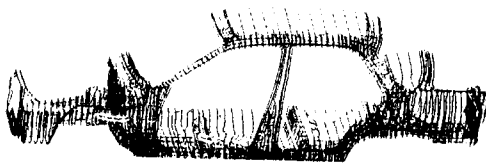


그림 3 상세단계의 모델

유도하여 설계 품질 향상에 힘쓰고 있다. 그림 2와 그림 3에 화이트바디의 선행모델과 상세 모델을 예로 실었다.

2.2 충돌해석

대미수출의 첫번째 장벽인 충돌안전성 규제를 위해서만이 아니라 인간을 존중하는 기아자동차의 철학의 구현을 위해서도 각별히 노력하고 있는 분야이다. 각국에서 규제하는 항목에 대한 충돌성능을 해석하는데, 흔히 스티어링의 후퇴량과 운전자 각부위의 가속도, 충돌에너지 흡수파형을 파악한다.

성행 단계에서는 충돌에 크게 영향을 미치는 부품들에 대한 파라미터 해석을 통하여 높은 충돌안전성능을 갖는 설계인자를 뽑아낸다. 상세 단계에서는 바디상세모델에 엔진 및 Transmission(모델), 라디에타, 배터리, 서스펜포, 타이어 등 충돌에 영향을 줄 수 있는 부품을 모두 추가하여 차량 전세충돌 모델을 만든다. 정밀도를 유지하기 위해 보통 3만개 이상의 워드로 구성된다.

사용하는 소프트웨어는 외연적 비선형 코드인데, 엄청난 양의 계산으로 인하여 수퍼컴에서만 충돌해석이 가능하다. 정면, 측면, 사면, 후면충돌해석에서 더 나아가 차량대차량 충돌해석도 시도되고 있다.

2.3 차량 동역학

차량의 승차감, 조안성을 향상시키기 위한 실차 육성 기간을 줄이고 차량특성을 수치화함으로써 설계업무의 효율성을 높이기 위해 현 가장치 및 차량에 대한 차량 동역학 해석을 수행하게 된다. 이러한 해석 과정으로는 크게 현 가장치의 기구학적 특성검토, 부시(bush)와 스프링 등의 컴플라이언스 효과 검토와 전체 차량의 주행 시뮬레이션을 통한 설계 차량의 주행특성 검토 등 3단계로 구분할 수 있다. 현재 기아 자동차에서는 이와 같은 해석 업무를 일반적인 동역학 해석 소프트웨어인 "ADAMS"와 "DADS"를 이용하여 수행하고

있으며 개발차량의 기초설계 검증 및 보완대책 수립과 실차 주행시 나타나는 문제점 파악 및 개선대책 수립에 대응을 하고 있다.

(1) 현가 장치의 기구학적(kinematic) 특성 검토

현가장치(suspension)는 기본적으로 여러개의 링크(link)로 구성된 시스템으로 이러한 링크들의 복합적인 움직임에 의해 현가장치의 움

직임이 결정된다. 따라서 차량개발의 레이아웃(layout) 검토나 초기 설계 검토시 현가장치의 하드포인트(hard point)를 정하는데 이와 같은 해석은 매우 중요한 역할을 하게 되며 새로운 형식의 현가 장치를 개발하고자할 때 기구학적 운동을 최적화하는데 필수적으로 검토되어야 할 업무가 된다.

해석 과정은 먼저 소프트웨어가 제공하는 수학적 조인트(joint)를 이용하여 실제 현가장치와 같은 운동을 할 수 있는 모델을 완성하고 현가장치의 기본적인 운동인 바퀴(wheel)의 범프-리바운드(bump-rebound)시의 각종 특성의 변화를 검토하며 또한 개선대책을 세우게 된다.

그림 4는 맥퍼슨 스트러트(mcpherson strut) A형 서스펜션에 대한 ADAMS 해석 모델을 시도하였으며 그림 5는 해석 결과에 의한 범프-리바운드시의 토우각(toe-angle) 변화를 나타내었고 표 1은 기구학적 특성 검토시 검토항목과 기본 목적을 간단히 정리하였다.

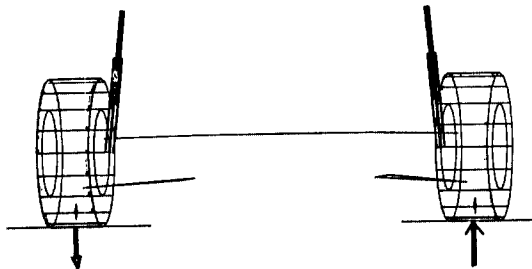


그림 4 맥퍼슨 스트러트 A형

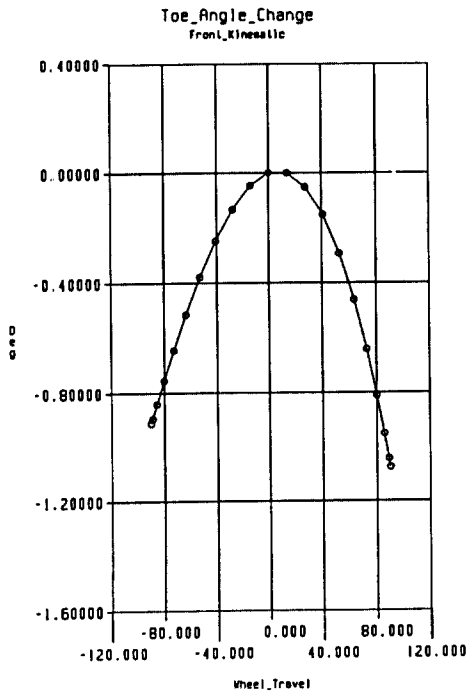


그림 5 토우각

표 1 기구학적 특성 검토 사항 및 기본목적

검토 기본목적	검토 항목	검토대상
언더/오버스티어	토우 캄버	앞, 뒤 서스펜션
롤 특성	-롤 센터 높이 -롤 센터 마이그레이션 -하프 트랙 체인지	
브레이크, 다이브시 차량거동	안티다이브 안티 스쿼트 휠베이스	
스프링 검토	레버 레이쇼	
직진성 및 스티어링	캐스터 케이피아이	앞 서스펜션
타이어 스크립	에커만	

(2) 현가장치의 컴플라이언스 특성 검토

실제적인 현가 장치는 수학적 조인트(joint)에 의해 연결되어 있지 않으며 각 링크들은 고무부시(rubber bush)에 의해 결합되어 있다. 즉 현가장치는 기구학적 운동과 부시, 스프링, 엔티롤바(anti-roll bar) 등 컴플라이언스 효과에 의한 운동을 동시에 가지게 되는 것이다.

이 해석은 앞서의 수학적 조인트 대신에 실제의 부시류 및 스프링등을 기구학적 모델에 추가하여 범프 리바운드시의 특성 변화 및 발진(driving), 제동(braking), 선회(cornering)시의 현가장치 특성을 검토하는 것이며 또한 차량의 승차감에 영향을 주는 각종 Rate의 계산을 수행하여 전체 현가장치의 컴플라이언스의 개선을 목적으로 한다. 이 단계의 해석부터는 차량의 승차감 및 조안 특성을 동시에 고려하여야 하며 현가장치의 진동특성의 해석결과와 Dynamics Soft ware를 이용한 조안 특성의 결과를 이용, 개선안을 세우게 되며 초기 각종 컴플라이언스 요소(elements)들의 실측 탄성계수(stiffness)가 필요하게 된다.

그림 6은 컴플라이언스 효과 검토를 위한 ADAMS model이며 그림 7은 해석 결과 중 차량의 선회시 현가장치가 받는 횡력(lateral force)의 변화에 대한 캠버각의 변화를 도시하였다. 표 2에서는 이 단계의 해석의 기본 목적 및 검토 항목에 대해 간단히 정리하였다.

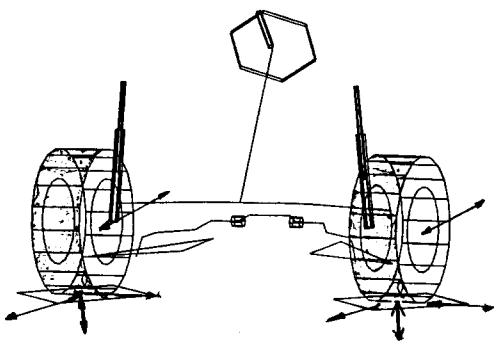


그림 6 컴플라이언스 특성 검토 모델

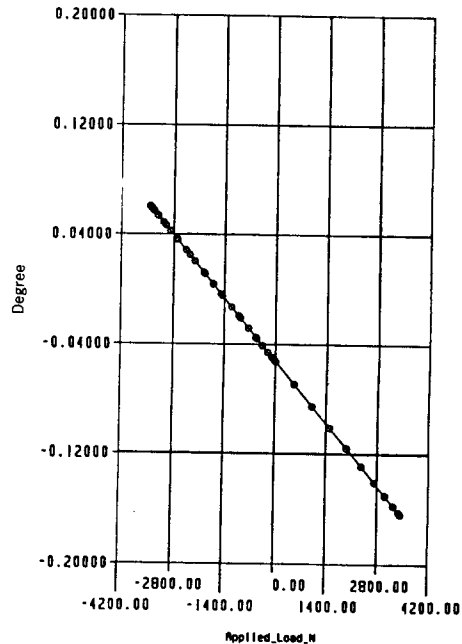


그림 7 캠버각

표 2 컴플라이언스 기본목적 및 검토항목

검토목적	검토항목
부시가 고려된 현가장치 케네마틱 특성검토	토우, 캠버, 휠베이스, 하프트랙, 카스터, 케이 파이 아이
롤 특성검토	롤 센터 마이그레이션 롤 레이트 앞/뒤
수직 하중에 대한 컴플라이언스 효과 및 엔티롤 바 효과검토	싱글 휠 레이트 더블 휠 레이트
드라이브 스티어 검토 및 차량 전후방향의 측 격흡수 특성 검토	드라이브 스티어(앞) 강성
코너링시 차량의 스티어 특성 검토	래터럴 포스 스티어 래터럴 포스 캠버
차량 제동시 스티어 특성 검토	브레이크 스티어 브레이크 캐스터(앞)

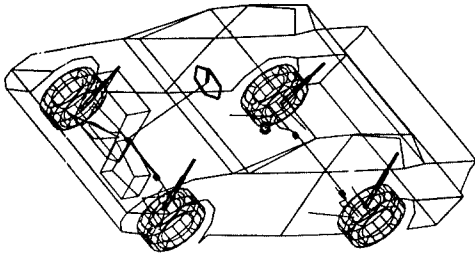


그림 8 전체 차량 모델

(3) 전체 차량의 주행특성 검토

컴플라이언스 특성 검토시 완성한 차량의 전·후 현가장치 모델에 차체를 추가시켜 전체 차량에 대한 해석 모델을 만든다. 주행특성을 검토하기 위해서는 차량 주행실험 코드를 이용하는데 현재 기아 자동차에서는 ISO표준 (ISO standard)에 의한 주행 시뮬레이션을 수행하고 있다.

그림 8은 ADAMS를 이용한 전체 차량 모델을 도시하였으며 모델이 실제 차량과 같은 주행 특성을 갖기 위해서는 해석 전에 많은 검토가 요구되며 개발 차량이 완성되기 전에는 현가장치의 부품과 차체 제원은 적절한 가정하에 모델을 만들어야 한다. 따라서 프로토타입 차량이 완성된 후에 이러한 입력 데이터에 대한 보완이 필요하게 되며 특히 특성에 많은 영향을 주는 타이어는 정확한 실험 데이터가 요구되고 있다. 표 3은 각 주행 시뮬레이션시 검토하는

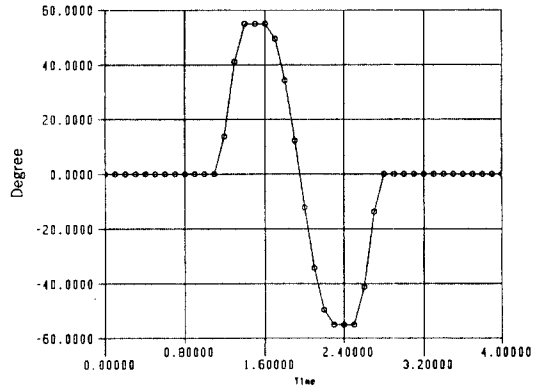


그림 9 스티어링휠 각 변화량

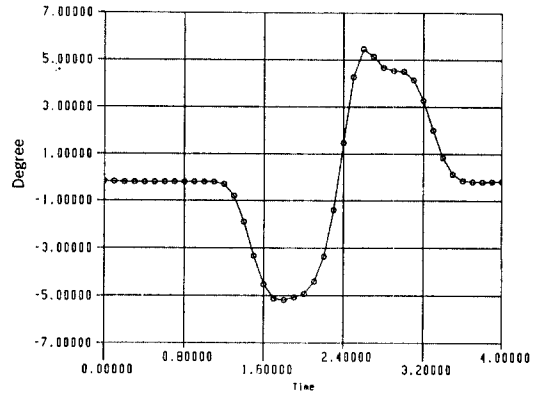


그림 10 롤 각 변화량

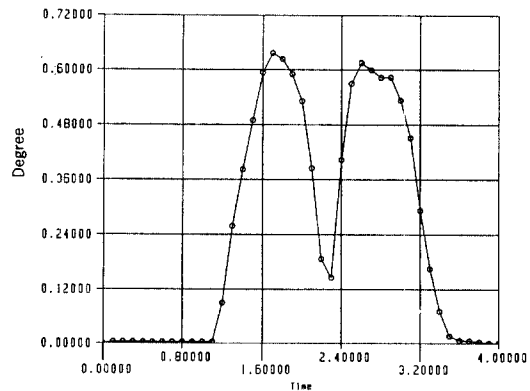


그림 11 횡 가속도 변화량

표 3 전체 차량 주행특성 검토 항목

차체관련	타이어 관련
차량케적	링 부하전이
롤 레이트	앞뒤 부하전이
횡가속	앞 토우각
요레이트	뒤 토우각
스립 각	캠버각
	수직 부하
	횡 부하
	얼라이닝 토크

항목을 정리하였으며 그림 9, 그림 10, 그림 11은 차량의 선 변경 (lane change) 시에 핸들각의 변화와 전체 차량의 움직임 및 그때 나타나는 차량의 롤각(roll angle) 변화, 횡가속도 (lateral acceleration)의 변화를 시간의 함수로 도시한 것이다.

2.4 소음진동 (Noise, Vibration and Harshness)

승차감 향상을 위한 진동해석과 소음 저감을 위한 음향해석과 같은 일련의 과정은 차량 개발 초기 단계에서 상세 설계 단계이후에 까지 단계적으로 수행되어야 하며 그것들에 관련된 검토 항목과 그 세부 내용을 기술하면 아래와 같다.

(1) 차체의 진동해석

차체 구조에 대해서 공회전 운전시 및 고속 주행시의 진동을 억제하기 위하여 20 Hz에서 30 Hz의 고유진동수를 갖는 차체의 굽힘 및 비틀림 진동의 진동레벨을 저감시키는 것을 목표로 해석을 수행한다. 1단계에서는 차체의 간략한 모델을 이용하여 해석을 함으로써, 진동레벨의 저감이 요구되는 필라부, 사이드실부 등에 대하여 적절한 단면을 설정한다. 2단계에서는 필라의 상하부, 대쉬판넬 등과 같은 차체의 진동특성에 큰 영향을 미치는 부분을 상세하게 모델화함으로써 구조 변경시에 진동 레벨 변화를 정확하게 검토할 수 있다. 시작차 (mecha vehicle)가 실험 가능한 경우에는 유

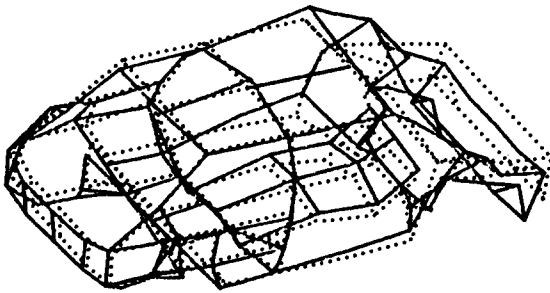


그림 12 1차 굽힘 모드

한요소법에 의한 구조해석 결과와 병행하여 EMA (experimental modal analysis)를 수행하여 대책을 검토한다. EMA를 수행하는 경우 modification prediction modal을 이용하여 구조보강에 상당하는 보 혹은 판 요소 추가에 따른 보강후의 진동 특성을 예측할 수 있다. 그림 12는 모우드 시험에서 구해진 차체의 bending 모우드를 나타낸다.

(2) 스티어링 지지계 진동해석

스티어링계의 진동은 운전자가 민감하게 느끼며 또한 인스트루먼트 판넬의 설계등에 영향을 끼치기 때문에 개발 초기단계에서 구조를 결정할 필요가 있다. 일반적으로 운전시 스티어링 컬럼의 상하진동을 억제하기 위하여 공회전계의 고유진동수를, 엔진회전수보다 높게 설정하는 것을 목표로 하여 구조를 검토한다. 최근에는 에어백을 장착하는 사양을 추가 검토하여 해석을 수행한다. 이 단계에서는 차체구조가 완전히 정해지지 않았기 때문에 차체의 진동특성을 나타낼 수 있는 간략한 차체 모델과 스티어링 지지계의 상세한 모델을 조합한 모델을 사용하여 고유진동수와 진동의 정량적 수준을 예측한다.

(3) 차량의 공회전 진동해석

차량의 공회전진동 해석은, 차체진동해석용 모델에 엔진마운트계, 서스펜션계의 모델을 추가한 모델을 이용한다. 이 모델에 대하여 엔진 크랭크 축 주변에 엔진 구동력 변동량을 입력하여 스티어링 휠 및 플로어의 진동 가속도를 평가한다. 이 해석에서는 이러한 진동가속도 레벨의 평가 및 엔진마운트를 통해 차체에 전달되는 힘과 서스펜션을 통하여 차체에 전달되는 힘이 스티어링 휠과 플로어의 진동가속도에 어느 정도 기여하고 있는가를 분석하여 기여도가 높은 부분의 스프링 상수를 조정하는 것에 목표를 두고 있다. 일반적으로 공회전 진동에 대한 대책은, 가감속시의 가속도 진동에 대한 대책과 상반되기 때문에 공회전 진동해석의 결과와 가감속시의 가속도 진동 등에 의한 실험 결과를 함께 검토함으로써 적절한 엔진 마운트

조정을 실현할 수 있다.

(4) 차실의 음향해석

차량의 차실 내부 공동(cavity)은 차체가 고유하게 진동 모우드를 가지는 것과 같이 음향 공진주파수와 음향 모우드를 갖는다. 이러한 음향 특성은 차실 내부 공동의 기하학적인 형상이나 크기에 관계하므로 초기 설계 단계부터 고려되어야 하며 실제 운전중에 판 구조들의 진동에 의해 차실내부의 공기(음향매체)가 가

진되는 경우에, 저주파수대 영역에서 부밍소음이라는 현상으로 나타나 운전자를 포함한 응답 자들에 불쾌감을 느끼게 한다. 물론 차실 내부에서의 음압 레벨은 진동원의 위치와 응답자의 위치에 크게 관계하지만 이러한 음향 응답을 이해하기 위해서는 차실 내부 공동이 가지는 음향 고유진동수와 음향모우드를 해석하는 것이 필요하다.



■ 국제학술대회 참가 안내 ■

제 5 차 아세아 유체역학 학술대회(5ACFM)

일 시 : 1992년 8. 10~8.14(중전 1992. 8.17~8.21에서 1주일 변경)

장 소 : 대전직할시 유성구 구성동 한국과학기술원 캠퍼스

일 정 : 2차 안내문 발송 : 1991년 7월 1일

논문(4페이지, 그림 포함) 마감 : 1991년 12월 15일

채택 여부 통보 : 1992년 3월 15일

공동주관 : 아세아 유체역학위원회

대한기계학회

한국항공우주학회

문의처 : 한국과학기술원 기계공학과 최도형 교수에게 문의 바람

전화 (02)966-1931 교환 3614 FAX (02)968-1637