

자동차 소음·진동 대책의 현황과 장래

李 忠 九*

(Vehicle N.V.H - Today and Tommorrow)

(Chung - Goo Lee)

1. 머리말

최근 인간의 생활을 가장 크게 바꾸어 놓은 수단중 하나가 바로 자동차이며 자동차문화라는 새로운 환경에서의 생활에 점점 더 익숙해져 가고있다. 한편 치열해지고 있는 무역전쟁, 경제전쟁에 있어서는 자동차가 가장 큰 주목을 받고 있으며, 기술의 고도화를 통해 경쟁력을 제고시키는것이 곧 오늘날의 국제 경쟁에서 승리 할수 있는 중요한 관건으로 인식되고 있다.

자동차 기술의 발달 과정은 크게 두가지 요소의 요구 조건을 만족시키기 위한 노력의 결과로 점철되어 왔다. 이들은 주위 환경 여건과 소비자의 욕구로 볼 수 있으며, 전자의 경우는 환경 보전과 사회적, 법적 측면에서 요구되는 자동차의 구조, 성능 기준 이고, 후자의 경우는 순수하게 고객 즉 사용자의 입장에서 본 욕구이다(물론 이들 두가지가 완전히 독립된 것은 아니다). 따라서 자동차의 기술 발달 과정에서 두드러지게 나타나는 경향들은 이들 두 가지 요소에 포함된 특정한 구조나 성능들이 주요 관심사로 되는것과 부합되어 나타나기 마련이다.

잘 알려진 바와같이 최근의 자동차 관련 기술중 관심의 대상이 되는것은 공해, 안전, 성

능, 경제성 등을 들수 있으며 이들은 모두 당연히 자동차 산업의 사활을 좌우하는 요소임에 틀림 없다. 그러나 최근 발표된 권위있는 조사에 의하면 표 1.에서 보는 바와 같이 놀랍게도 1990 년대의 자동차 차별화를 판가름

표 1. 주요 자동차 기술의 전망
(Ward's engineering Survey)

Ward's Engine & Vehicle Technology Update's sister publication, Ward's Auto World, recently completed its 15th annual engineering survey, drawing responses from 412 automotive engineers, most of them based in North America.

Excerpts from the survey reveal that:

■ Some 35% think truly practical electric-powered family sedans won't be on the road until after 2005, and only 12% expect them by California's 1998 deadline.

■ Two-stroke engines won't be popular by 1995, and only 12% think they definitely will be popular by 2000.

■ Thirty-nine percent think NVH (noise, vibration, harshness) definitely will become one of the largest factors in product differentiation in the '90s, and 41% agree at least somewhat.

* 현대자동차 주식회사

하는것이 소음·진동 기술이 될 것이라는 대답이 약 80% 나 되는것으로 나타났다. 이는 분명히 순수한 소비자의 욕구가 기술을 주도하는 경향으로 가고 있음을 뜻하며 나아가 자동차 산업의 경쟁력을 평가하는 가장 중요한 요소중 하나가 소음과 진동, 즉 정숙성이라는 것을 말해준다.

2. 소음·진동 저감 요구의 증대

자동차에 있어서 정숙성이 가장 중요한 상품성이 되는데는 충분한 이유가 있다. 사람의 청각과 진동에 대한 감각은 차량을 이용하는 동안 계속적으로 작용하기 때문에 이는 어떤 사람의 의도와는 상관없이 받아들여야하는 영향력이다. 처음 차량을 볼때나 구입을 할때는 그 차의 외형이 가장 큰 판단의 요소가 된다. 경제적으로 어려울때는 연비가 하나의 판단 기준이 되기도 한다. 그러나 이들이 사용중의 모든 시간을 통하여 사용자의 감각이나 판단을 붙잡고 있게 되지는 못한다.

승용차의 실내소음 수준은 현재 시속 100km로 주행하는경우 60dB 이하로 저감되었고 이는 과거 10년동안 약 10dB 만큼이나 저감되어 온 결과이다. 진동·소음에 있어서 그 엔지니어링 단위들이 모두 물리량과 직선적인 비례 관계에 있지않은 사람의 감각과 부합 되도록 단위화된 것이나, 많은 소음·진동 현상의 표현방식이 극히 감각적인 것으로 구성된것을 보더라도 이것들이 사람과 얼마나 직접적으로 연관된 현상인지 알수 있으며, 따라서 향후 차실내 주거환경을 지배하는 요소로서의 소음·진동의 저감 요구는 수치적 값은 물론이고 감각적인 측면에서까지 그 요구가 증대될것이 확실하다.

환경소음의 측면에서 법적인 규제를 받는 차량 외부소음의 경우 역시 그 규제치가 점점 더 가혹해지고있다. 현재 국내및 E.C.의 승용차 외부소음 규제치는 77dB 로 과거 10년동안 약 5~8dB 의 감소를 보이고 있다. 뿐만 아니라 공표된 차기 규제강화치는 74~75dB 로서, 모든 자동차 제작사는 이미 이 규제를 만족시킬수 있는 승용차의 엔지니어링에 몰두하고

있으며 한단계 더 낮은 규제치의 출현에 대비해야하는 입장이다.

3. 자동차 소음·진동의 특이성

우리가 사용하는 문명의 이기는 매우 다양하며 이는 역사가 거듭 될수록 점점더 늘어가고 있다. 따라서 이들 문명의 이기들이 불가피하게 소음이나 진동 문제를 가지는것이 사실이라면 이들의 특성 또한 각양각색일 것이며, 이들을 잘 파악하는것이 문제의 심각성을 이해하고 제품 개발에 있어서의 올바른 전략 수립에 이르는 첩경이 될 것이다.

우리가 사용하게 되거나 생산하는 문명의 이기들을 분류하면 크게 산업기계, 산업플랜트, 가전제품, 수송기계로 나눌수 있고 이 중 수송기계는 자동차, 궤도차량, 항공기들로 구성된다. 그러나 일반적으로 소음과 진동 기술에있어서 자동차가 차지하는 비중은 다른 기계류보다 월등히 크며 다음과같은 자동차만의 특이성이 크게 작용하고 있기 때문이다.

3-1. 다양한 소음·진동원과 복잡한 구조

수많은 기계 장치 중에서 자동차만큼 그 구조가 복잡하고 다양한 소음·진동 발생 기구를 가지는것은 없다. 대부분의 기계장치는 그 소음·진동의 발생원이 단일하며 여기에 한정된 전달계통이 공진하는 경우가 많지만 자동차의 경우는 엔진, 구동계, 노면입력, 바람 나아가 각종 부대장치까지 독립또는 상호 관련된 형태의 발생원으로 작용하고, 수많은 전달계통과 복잡한 차체, 그리고 실내 공간까지 관련된 공진과 공명(共鳴)현상이 연성(連成:Coupling) 되므로 그 해석과 대책 역시 복잡하고 어렵다.

3-2. 사용 환경의 다양성

자동차는 도로라는 명목으로 설정된 환경이면 어느 곳이나 주행하게 되며 경우에따라서는 도로가 아닌곳에서까지 운행된다. 따라서 타이어에는 무한히 다양한 임의의 외력이 시시각각 작용되며, 동일한 도로를 반복 주행

하더라도 완전히 같은 조건으로 보존된 동일 궤적을 따라갈 확률은 적다. 뿐만아니라 자동차의 사용환경은 항상 변화하는 기상여건 즉 바람, 온도, 강우등에 노출 되어 있어 기술적 고려의 폭이 매우 넓어야만한다. 동일공간에 장치되어 가동되는 산업기계나 철로위를 주행하는 궤도차량, 동일 매질(媒質)속을 나르는 항공기와는 그 사용환경의 다양성 측면에서 비교할 수 없다.

3-3. 사용 조건의 다양성

대부분의 산업용 기계류나 가전제품의 경우 가동의 개시 또는 중지의 경우를 제외하면 가동조건은 설정된 영역으로 고정되며 기껏해야 부하의 불균일에 의한 약간의 조건변화가 있을 따름이다. 운송수단의 하나인 궤도차량이나 항공기에 있어서도 대부분의 경우 순항(巡航)을 하기 때문에 매우 단조로운 조건으로 국한된다. 그러나 자동차는 도로와 교통여건 그리고 사용자의 의도, 심지어는 그 운전의 속도 정도에 따라 엄청나게 다양한 조건으로 가동되며, 소음·진동의 엔지니어링을할때는 이 조건들이 빠짐없이 고려되어야한다.

3-4. 사용자의 다양성

자동차는 점차 생활필수품이 되어가고 있으며 운전면허의 소지자는 누구나 운전하며 탑승자의 경우는 더구나 전혀 한정된 조건을 갖지않는다. 따라서 그들의 정속성에 대한 요구 수준과 취향이 개인에따라 현저히 다르며 한 사람의 경우에 있어서도 그때의 상황에의해 요구되는 정속성의 정도가 달라진다. 자동차의 소음·진동 관련 기술자들은 이들의 다양한 요구를 만족시킬 수 있는 능력과 기술을 확보하여야한다.

3-5. 인간과의 시공간적(時空間的) 밀접성

대부분의 기계장치는 설치구역이나 사용자가 한정되어있는 경우가 허다하다. 그러나 자동차의 경우는 운전 또는 탑승자 전원이 항상 소음이나 진동의 영향권 내에 상주하게 되기

때문에 시간적, 공간적 격리라는 수동적 방법으로의 대책이 전혀 불가능하다. 따라서 자동차의 소음·진동 문제는 그 근원의 완전한 해결만이 요구된다. 더구나 자동차는 사람의 일상 생활과 긴밀한 공간 내에서 운행되는것이 대부분이기 때문에 이용자가 아닌 일반주민에 대한 공해로서도 피할 수 없는 문제가된다.

4. 소음·진동 대책의 어려움

4-1. 경량화 단순화의 요구

현재 자동차 산업이 직면하고있는 가장 큰 어려움은 중량과의 싸움이다. 이는차량의 중량이 연비, 배기규제, 생산원가, 성능등 오늘날 경제, 사회적으로 대두되고 있는 큰 관심사들이 모두 관련된 중요한 요소이기 때문이다. 표 2.에서 보는것과같이 이미 일본에서는 연비의 개선을 위한 대폭적인 경량화 장·단기 계획을 세우고 2001년까지 약 40%의 차량중량 저감을 실현시키기 위해 노력하고있다.

따라서 소음·진동을 개선시키는 대책 역시 이러한 기본적 요구사항에 따라야 하는데, 문제는 경량화 그 자체가 유독 소음·진동 문제를 악화시키는 가장 상반된 요소라는 사실이다. 소음 진동은 현저히 개선시키되 중량과 원가는 동일수준을 유지하거나 더 저감시켜야 한다는 압력은 곧 현재까지 사용 되어온 고전적 대증요법(對症療法)이 더이상 유용하지 않으며 획기적 사고의 전환에서 오는 신기술의 적극적 개발과 적용이 필요함을 말한다.

표 2. 일본의 승용차 경량화 목표
(I. R. C & JSAE)

단 계	시 한	경량화 목표
단기계획	~ 1996	200kg (20%)
장기계획	~ 2001	400kg (40%)

4-2. 고효율 고성능화

앞에서 살펴본 경량화에도 불구하고 자동차 기술은 꾸준한 성능 향상을 추구하고 있으며, 경량화를 통한 소극적 성능 증대 뿐만 아니라 엔진의 신기술 적용을 통한 적극적인 성능 향상에 총력을 기울이고 있다. 이것은 주로 DOHC의 채용에 의한 흡배기 효율 증대와 전자 제어를 이용한 연소특성의 최적화에 의해 급속도로 실현되고 있으며 필연적으로 소음·진동 발생기구중 가장 중요한 요소인 엔진, 구동계에 의한 입력을 증대시킨다. 특히 DOHC의 채용에 의한 흡배기음의 현저한 증대는 소음·진동 대책에 많은 어려움을 준다.

4-3. 개발기간 단축 요구

금세기 후반에 있어서의 생산기술의 혁명으로 볼 수 있는 것은 린-생산방식(Lean Production) 이라고 하는 다품종 생산체제이며 이것은 도요다 자동차의 간판방식이라는 기술로부터 출발되었다고 알려져 있다. 표 3.에서는 일본의 자동차 신제품 개발능력 중에서 시간과 관련된 요소들을 비교평가 함으로써 이것의 중요성을 입증한 조사결과이다.

그러나 여기서 중요한 사항은 다품종 생산체제의 출현이 불가피하게 된 배경이다. 말할 것도 없이 이것은 다양하고도 급변하는 고객

의 요구를 얼마나 빨리 수용할 수 있는 생산체제를 갖추느냐 하는 것이며, 이런 측면에서 신제품 개발의 주기(週期) 역시 현저히 단축되어야 함은 물론 개발제품의 종류도 훨씬 다양해야 하기 때문에 이에 대처할 수 있는 엔지니어링 능력이 중요한 관건이다. 조사 결과에 의하면 1985년 대비 1990년의 설계 개발부분의 인원 증가율은 30% 이내이지만 전 세계적으로 약 두배(260에서 510)의 차종이 생산된다는 것은 이를 잘 설명해 준다.

4-4. 분업화 전문화 심화

자동차 산업이 점차 첨단화 되어가고 있는 것은 고객과 사회적 요구의 증대 때문이다. 따라서 자동차에는 더 많은 기능과 구조가 부가되며 분업화, 전문화와 함께 필요한 엔지니어링의 영역 또한 넓어지고 있다. 소음과 진동을 연구 개선하는 기술자들에게는 해결해야 하는 더 많은 발생원과 전달계로 인하여 부담이 증가일로에 있다. 그들은 여러가지 기계 및 전기, 유공압 장치들의 메카니즘과 성능에 대해서 폭넓은 이해를 하여야 하며, 본래의 성능이나 기능을 손상시키지 않는 범위 내에서 소음·진동을 최소화 해야 한다. 또한 그들은 정밀 부품이나 시스템의 소음·진동 관련 기술수준을 유도(誘導)하고 감시하기 위하여 정밀가공과 조립에 대해서까지 선도적 입장에 있어야 한다.

표 3. 대표적 자동차 신제품 개발능력의 비교(80년대 중반)

항 목	일본	미국	유럽
신차 평균 엔지니어링 시간(100만 시간)	1.7	3.1	2.9
1 차종 평균 개발 기간(월)	46.2	60.4	57.3
1 차종당 차체 형식수	2.3	1.7	2.7
금형 개발 기간(월)	13.8	25.0	28.0
시작차 LEADTIME(월)	6.2	12.4	10.9
생산성 회복 기간(월)	4	5	12
품질 회복 기간(월)	1.4	11	12

5. 향후 과제와 기술 개발의 방향

자동차에 있어서 소음·진동의 어려움과 특이성을 고려할때 향후의 기술개발 방향과 우리에게 주어진 과제를 도출하는것이 가능하다. 이런 측면에서 우선 심각하게 검토되고 심혈을 기울여 해결의 실마리를 찾아야 할것들은,

- 1) 극히 주관적인 고객의 요구와 취향을 어떻게 객관화, 특성화시켜 차량개발의 목표로 구체화 시킬 수 있는가.
- 2) 경제성, 타 성능과의 양립되는 대책을 극소화 시킬수있는 기술개발이 가능한가.
- 3) 세분화, 전문화 되고있는 각 엔지니어링 분야에서 전체 차량상태 에서의 진동·소음에대한 영향을 예측할 수 있는 역량과 환경을 조성 할 수 있는가.
- 4) 실험적 분석 위주의 기술에서 탈피 하여 실제 초기단계에서 해석적 방법으로 주요 소음·진동 문제를 예측 대처하는것이 가능한가.
- 5) 복잡해지고 정밀화 되어가는 대책기술을 부품이나 조립품질 측면에서 기술적으로 극복하는것이 가능한가.

하는 문제들이다. 위의 문제들은 다분히 근본적인 양립(兩立)관계, 구조적인 속성(屬性)에 의해 매우 오랫동안 차량의 진동·소음 대책 기술자들에게 짐이 되어온 환경 이므로 좀더 넓은 시각(視覺)으로 근본적인 측면에서의 접근을 필요로 한다.

5-1 질(質)을 중시하는 엔지니어링

소음·진동은 인간과 매우 밀접한 감각적인 요소를 갖는 현상이고 특히 자동차의 경우 다른 기계장치 보다 더욱 불가피하게 수용할 수밖에 없다는 것은 이미 강조된 사항이다. 따라서 자동차의 소음·진동을 연구하는 기술자는 비록 그것이 인간의 감각에 부합 되도록 보정된 것이라고 하더라도 엔지니어링 단위만으로써 이것의 모든것을 해석하거나 대책을

세울 수 있다고 판단하는것은 무리이다. 특히 소음의 경우 사람의 감각이 얼마나 복잡하고 예리하게 구분 되는지에 대한 많은 연구가 이루어 지고 있고 또 이미 부분적으로 실제의 경우에 대해 적용되고 있는것으로써 입증되고 있다.

음질의 경우는 소음 수준이 현저히 낮을때 그 중요성이 더해지므로 이분야 엔지니어링의 최후의 영역을 점한다고 보아야 할 것이다. 표 4. 에서는 소음에 대한 감각 평가의 대표적 방법으로 알려진 SD-법의 평가 항목을 열거 하였으며 이는 단순히 정성적(定性的) 평가항목 으로서만 가치가 있는것이 아니라 물리량 또는 엔지니어링 단위들과의 밀접한 관계 규명을 통한 정량적 분석과 대책연구의 척도가 되어야 한다는데 그 의미가 있다. 이제 단순히 '조용한 차', '스포츠카 같은 소리'라는식의 추상적 표현에서 탈피하여 복잡 다단한 인간의 특성과 취향을 구체화, 객관화 시켜야 경쟁력 있는 쾌적성의 질(質)을 확보 할 수 있을 것이다.

표 4. SD(Semantic Differential)법에 의한 음질 평가항목의 예

	1	2	3	4	5	6	7	
Gentle	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Hard
Distinct	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Dull
Clamorous	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Quiet
Deep	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Metallic
Clear	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Thick
Loud	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Soft
Calm	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Shrill
Harmonic	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Discordant
Pleasant	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Unpleasant
Powerful	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Weak
Flat	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Rumbling
Smooth	┌	┌	┌	┌	┌	┌	┌	Harsh

한편 사람의 귀는 매우 발달된 주파수분석 능력을 가지고 있기 때문에 때로는 매우 낮은 음압의 소음까지도 민감하게 인지할 수 있으며, 이로 인하여 큰 불쾌감을 느끼게 된다.

예를들면 승용차의 변속기소음의 경우 비교적 높은 주파수영역에서 상세한 분석을 하는경우에만 측정이 가능할 정도이며, 물리량이나 엔지니어링 단위로 볼때 전체적 소음수준과 비교할 경우 무시될 수 있는 정도에 불과하다. 그러나 대부분의 탑승자가 이 도의 소음을 능히 감지할 수 있고 예민한 사람의 경우 결정적인 불만요소로 지적하는 경우가 많다.

이상의 예에서 살펴본것은 소음·진동에 대한 감각적인 측면의 부분적 단면에 지나지 않으며 대부분의 소음·진동 현상들이 나름대로의 특이한 감각과의 관계로 설명될 수 있다는 점을 고려해야 한다. 엔진 소음에서부터 극히 사소하다고 쉽게 판단해 버리기 쉬운 작동음에 이르기까지 차량의 수많은 소음·진동 현상에 대해 면밀한 감각엔지니어링이 필요하다.

5-2 설계에 선행하는 엔지니어링

제품의 기본적인 상품성을 확보하기 위한 가장 중요한 관건은 대부분 설계까지의 과정에 집중 된다고 하여도 과언은 아니다. 그림 1에서 보는바와 같이 실제 상품의 원가에 대한 개발단계의 비용이 차지하는 비율은 적지만 제품원가에 미치는 영향의 측면에서 차지하는 비중은 약 65% 이상이나 되는것 으로부터 알 수 있다. 이는 첫번째 단추를 잘 끼워야 나머지 단추가 모두 재자리에 끼워 질 수 있다는 평범한 진리로, 아무리 강조해도 지나치지 않다. 더우기 제품의 개발에 필요한 투자 비용이 매우 크고 대량 생산이 주가 되는 자동차에 있어서는 한가지 상품설계의 결과가 곧 기업의 성패를 좌우하는 요소가 된다는것이 사실이며 세계적으로도 이와같은 예는 쉽게 찾아볼 수 있다.

자동차 소음·진동의 경우 가장 중요한 상품성의 요소이기때문에 설계가 완료 되기까지 중요한 성능의 대부분을 확보하여야 한다. 그러나 앞에서 살펴본 바와 같이 자동차의 소음·진동 문제는 많은 난점과 특이성을 가지고 있기 때문에 시작차량의 완벽한 분석 없이는 대책 방안의 수립이 매우 어려운데 반해 실제의 개발일정상 시작 차량이 제작된 이후의 엔

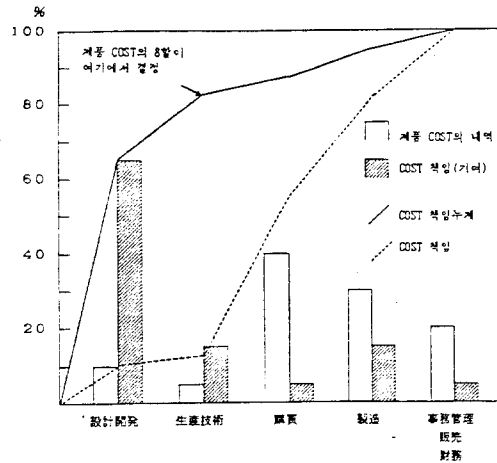


그림 1. 제품원가 비율과 원가 기여도의 비교

지니어링 결과가 반영 될 수 있는 시간적 여유가 없고, 특히 개발기간 단축이라는 관점에서 보면 더욱 어려워질 전망이다.

일단 시작차량이 제작된 후에는 근본적인 문제에 봉착하는 경우 대폭적인 설계변경이 불가피하고 이에 따른 생산준비의 지연과 생산원가의 현저한 증가가 초래되는것은 당연하다. 결국 이제 시작차의 개념은 중요한 성능들에 대한 엔지니어링된 결과의 확인과 함께 생산준비를 위한 예민한 부분들의 마지막 마무리를 위한것으로 바뀌어야한다. 이를 위해서는 설계가 완성 되기까지의 과정에서 충분한 선행해석이 이루어 져야한다. 최근 발달된 전산해석의 힘을 빌어 많은 기술자들이 이와 같은 연구에 몰두하고 있으며 부분적으로 어느정도의 성과를 거두고 있으나 우리가 바라는 정도의 수준이 되지 못하고있는것이 사실이다. 자동차 소음·진동의 어려움과 특이성에 비추어 설계에 선행하는 엔지니어링을 실현하기 위해서는 더 많은 기초연구를 통한 기술및 경험축적과 엔지니어링 데이터베이스 구축이 이루어져야 할 것이다.

5-3 통합적인 엔지니어링

복잡한 구조와 다양한 발생원을 갖는 자동차의 소음·진동을 해석하고 문제점에 대한 대

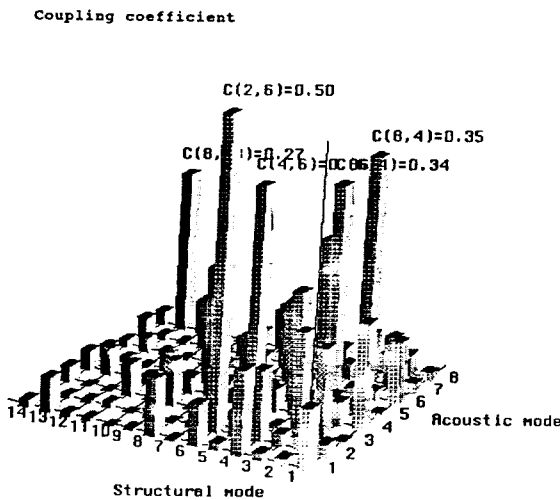
책을 수립 하는것은 매우 어려운 일로서, 이는 우선 소음·진동의 발생원, 차체진동모드, 전달계통 모두가 복잡다단하고 이들이 서로 복합적으로 연성되어 있기 때문에 단일 문제에 대해서도 여러가지의 요소들이 관련되어 나타날 수 있고, 또한 하나의 문제만을 단독적으로 고려하여 대책을 수립하면 이것이 다른 많은 문제를 악화시킬 수 있기 때문에 통합적인 해석없이는 개악(改惡)을 하게되는 경우가 많다.

자동차 소음 진동을 통합적으로 해석하는 시도는 두가지 측면에서 이루어지고 있다. 그 첫번째는 완전한 차량상태와 동일한 수준의 해석모델을 구축하는 것이며, 다음은 연성(連成)해석을 통한 차량의 소음과 진동 전반에 걸친 해석을 가능케 하는 시도이다. 차량의 전체적인 해석을 가능케 할 수 있는 모델을 구축하기 위해서는 개별적으로 사용되어온 실험적 모드해석, 유한요소해석및 시스템 해석 기술을 망라하는 통합해석 시스템을 완성하는 것이 필요하다. 실험과 해석 방법을 동원하여

가장 기본적인 차체의 모드로부터 완성차에 이르기까지 전 과정을 축조(B.B.A.)하며 각 과정마다 세밀한 검증과 수정(Correlation) 과정을 거치므로써 실험적 모델에 가까운 해석모델의 도출이 가능해 진다.

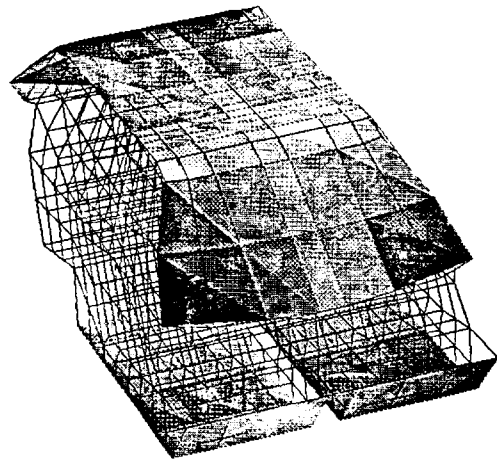
소음과 진동의 연성해석은 1980년대 초반부터 활발하게 시도되어 왔으며 최근에는 유용한 수준으로까지 발전 되었다. 이는 차체와 실내음향의 복잡한 모드들 상호간의 관계를 정립하는 논리의 완성과 진보된 전산해석의 힘을 빌어 완전한 단계로 발전되고 있다. 연성해석을 통하여 우리는 그림 2.에서 보는바와같이 차체와 음향모드들 상호연성의 정도와, 연성의 정도가 심한 특정 모드들에 대한 각 차체부분의 기여도를 파악하는것이 가능하다. 또한 차체 각 부분으로부터의 개별 또는 복합적인 진동입력에 의한 실내소음의 발생양상을 예측할 수 있다.

통합적인 엔지니어링 체계를 완성하는데는 현재까지도 많은 난관이 남아있다. 좀더 신뢰성 있는 유한요소해석, 실험과의 정확한 검증



a)

C[1,1] ac=0.0 Hz, st=42.7 Hz



b)

그림 2. 소음·진동 연성해석을 통한 대책 수립의 예
a) 연성 계수의 분석 b) 차체 민감도 해석

과 수정기술 그리고 이들을 가능하게하는데 필수적인 엔지니어링 데이터베이스가 확립되어야한다.

5-4. 강건(強健)한 차체의 구현

자동차에 있어서 차체의 역할은 매우 중요하지만 소음과 진동문제에 있어서만큼 그 성능의 중요성이 강조되는 역할은 없다. 이는 차체가 모든 소음·진동의 최종적이고도 지배적인 전달계통이기 때문이며, 그 진동특성이 차량소음과 진동에 직접적으로 미치는 영향이 그만큼 크기 때문이다.

차체의 소음·진동에 대한 역할은 고주파 영역에서는 주로 차음벽으로, 저주파 영역에서는 공진계로 작용하며 실내공간에서 음향공명을 유발시키는 경계(境界)면으로서의 역할을 하기때문에 각종 소음·진동문제와 직접적인 관련을 가진다. 최근 차체에대해 소음·진동 엔지니어들의 관심이 집중되는것은 전륜구동(前輪驅動:FF) 차량화에따른 아이들링(Idling) 진동과 소음의 증대, 붐(Booming Noise)의 가장 중요한 요소가 차체특성 이라는것 그리고 승차감과 조종안정성의 최종적 성능이 차체의 특성에 의해 결정된다는 연구 결과에 따른 귀결이다. 차량 경량화의 요구가 증대되고있는 가운데서도 진동특성의 측면에서는 훨씬더 강건한 엔지니어링을 하는 이유가 여기에 있다.

차체 진동 특성의 일차적인 엔지니어링 목표는 20 에서 30Hz 영역의 기본적인 골격진동 모드이다. 표 5.에서 보는바와같이 최근 G.M.의 대표적 차종에서도 강건한 차체화의 의도를 읽을수 있다. 이와같은 기본 골격진동모드의 개선은 4-실린더 엔진을 탑재하는 승용차의 경우 더욱 필요한 사항으로 집중적인 노력이 경주되고 있다.

5-5. 발생원에대한 중점적 대책

과거 오랜 기간동안 자동차 소음·진동 대책을 연구하여온 기술자들은 주로 눈에 보이는 엔지니어링을 하여왔다고 말할 수 있다. 이것

표 5. 차체 골격진동모드 주파수의 개선 예
- Chevrolet Camero & Pontiac Firebird
GM F-body, with V-6 Engine(SAE)

TYPE	Bending(Hz)		Torsion(Hz)	
	'93	'92	'93	'92
Coupe	23.0	18.9	26.0	22.9
T-Top	23.0	17.3	20.0	19.0

은 대책의 결과가 눈에 보이는 변화나 부가되는 부품으로 나타나기 때문에, 어느정도의 기술적 안목만을 가지고도 알아볼 수가있다. 최근 전산해석기술의 발달로 눈에 보이는 대책을 점차 줄여가고있는 것이 사실 이라고 하더라도, 기존의 소음·진동원 으로부터의 가진력에 대해 전달계나 차체의 역할을 최적화 시키는 방법으로 귀결된다. 이들은 어느것이나 중량과 원가의 증가를 유발하고 공간상의 많은 제약을 줄뿐만 아니라 대책이 시간적으로 적절하지 못해 적용이 불가능하게되는 경우까지 있어 궁극적으로는 바람직한 해결방안이 되지 못하는 경우가 많다. 심지어 오늘날 많은 연구가 이루어져 적용단계에 있는 능동제어마저도 이러한 범주를 벗어나지는 못하며, 신뢰성과 원가상승의 측면은 크게 불리하다.

이와같은 불리한점을 극복할 수 있는 방법은 소음·진동원 개개의 가진력을 줄이거나 최적화 시키는 길이다. 컴퓨터 해석기술의 이용영역을 확장하는 경우 우리는 전달계나 차체의 필요한 대책 뿐만 아니라, 주어진 전달계나 차체의 특성하에서 최적의 소음·진동수준을 나타내도록 하는 발생원의 가진력과 특성을 예측할 수 있다. 물론 이경우 예측된 특성을 만족하는 부품이나 시스템의 생산이라는 또다른 과제가 남는것이 사실이지만, 단일 부품 또는 시스템 단위로 대책을 세우는 경우 차량 전체에서와같이 복잡한 해석을 하지 않아도 되며, 특성을 최적화 하는 경우 중량이

나 원가의 현저한 증가를 염려 하지 않아도 된다. 뿐만 아니라 부품이나 시스템 제작자에게 소음·진동문제의 책임을 부가하여 자체 기술개발은 물론 품질관리의 자극을 주는 것도 의미있는 일이다. 궁극적으로 완벽한 정속성은 모든 기술력의 결집으로부터만 얻어질 수 있다.

6. 맺는말

자동차에 있어서 상품성과 제품의 완성도를 평가하는 가장 직접적이고도 지속적인 지표인 소음과 진동 문제를 다루는 기술자들은 현재 많은 어려움에 직면해있고 나아가 더 큰 난제들이 다투어 나타날것에 대비해야한다. 우선 자동차의 소음에 대한 특이성과 현실적으로 처해있는 엔지니어링의 어려움에 대한 명확한 이해로부터 출발하여 이들을 극복할 수 있는 실질적이고도 완벽한 해결책을 제시해야 하는 것이 오늘날 우리 기술자들의 과제이다.

최근 상품경쟁력의 제고를 위한 소음 진동의 중요성과 환경에 대한 인식 증대로 국내에서도 이분야에 대한 집중적인 연구활동이 이루어지고 있으며 특히, 소음·진동 공학회를 통해 실질적인 기술교류와 축적이 실현되고 있는것은 무엇보다 다행한 일이며, 또한 그 전도(前途)가 밝을것으로 확신한다. '향후 전 세계적으로 존속가능한 자동차 제작사가 10개 이하로 줄어들 것이다'라는 심각한 예측을 받아들여야하는 현 시점에서, 소음 진동의 각 분야에서 연구하는 전문가들의 분발과 그에따른 큰 성과만이 이러한 어려움을 극복할 수 있는 방안이다.

참고 문헌

1. Ward's Engine and Vehicle Technology UPDATE, March/1, 1993
2. Habka V., Theorie der Konstruktionspro-zesse, Springer Verlag, Berlin, Heidel-berg, New York, 1976
3. 김중희, 정속성 향상을 위한 승용차 진동 소음대책, 1992 진동 계측및 응용기술 강습회 교재, 한국 소음·진동 공학회, 1992
4. Womack James P. et.al., Designing the Car, PP-118, The Machine that Changed the World, Rawson Associates, New York 1990
5. Masao Ishihama, 輕量化 에서의 諸 問題, 91 JSAE Symposium, No.10, Japan, 1991
6. 自動車 輕量化의 現況과 將來 豫測, I.R. C., Japan, 1991
7. Masamitsu Sakada, Fumio Tamura, Study on Door Closing Sound Tone Quality, Is-uzu Technical Report No.83
8. Namba Seiichiro, Quality of Noise, 92 추계 학술대회 논문집, 한국 소음진동 공 학회, 1992
9. Birch Stuart B. et.al, Global View Poi-nts, Automotive Engineering, Mar, 1993.
10. 이장무 외, 유한요소법을 이용한 차체 진동·소음 해석에 관한 연구, 서울대학교 정 밀기계 설계 공동 연구소, 1991
11. 이장무, 김석현, 김중희, Method for Red-uction of Interior Noise in Passenger Vehicle, Korea-US Vibration Engineering Seminar, March, 1993