

# 차체 강도 설계법

김 천 욱  
연세대학교 기계공학과 교수



● 1936년생  
● 固體力學에서 특히 構造解析 分野를 專攻하고 셀이론, 板이론, 壓力容器 解析等에 관심을 가지고 있다.

## 1. 머리말

오늘날의 자동차는 부의 상징이나 업무의 필수품일 뿐 아니라 시민의 교통과 문화생활의 수단으로서도 필수품화 되어 가고 있다. 따라서 단순한 운송수단보다는 기동성, 보안성 및 생활거주성등을 갖추어야 한다. 이에 따라 자동차는 생활필수품으로서의 가치를 인정받으면서 그 효용성이 점차 증대하여 미국, 일본의 생산실적이 87년을 기준으로 2,300만대를 넘어섰으며 국내의 경우도 87년 세계 10위의 자동차생산국으로 발돋움 하였다. 앞으로 92년도에는 연산 270만대의 생산실적을 달성할 것으로 내다보고 있다.

그러나 요즘의 국내 자동차 산업은 각국에서의 무역장벽과 노임상승 및 원화의 절상등에 의한 가격경쟁력의 상실로 수출난조의 어려움에 직면하고 있다. 이러한 어려움의 타개책은 결국 기술혁신을 통한 상품의 질적 향상과 가격인하에 있다는 것은 두말할 나위가 없다.

자동차가 상품으로서의 가치를 인정받으려면 미적 감각을 지닌 수려한 외관을 갖추고 있어야 하며 이에 걸맞는 성능과 강도를 겸비해야 한다. 이를 위해서는 신차개발이나 모델변경등에 신속히 이용할 수 있는 설계법과 해석능력이 있어야 하는데 우리나라의 경우는 신차개발이 기술도입에 의존하였으므로 자체개발이

양성되지 못하였고 선진국과 같이 충분한 경험이나 기술을 축적하지 못한 상태이므로 이에 대한 연구가 활발히 추진되어야 할 것으로 믿는다.

이에, 본 글에서는 차체강도 설계에 대하여 각 나라의 상황을 살펴봄으로써 국내의 자동차 설계 및 제작기술의 현주소를 돌아보고 차체강도설계의 흐름을 설명하므로써 자동차제작 기술발전에 도움이 되고자 한다.

## 2. 차체설계

### 2.1 설계의 개요<sup>(1)</sup>

자동차공업은 기계공업이 주체가 되어 금속, 전기, 전자, 섬유, 도료 등 각종 공업 부문이 관련된 종합공업으로서 과거의 여러가지 경험이나 기술은 물론 공업전반에 걸친 폭넓은 지식을 필요로 한다. 그리고 자동차의 생산은 대량생산으로 막대한 자본이 들게 되고 초기의 설계결정에 기초하여 생산실비가 이루어지는만큼 설계 또한 신중하게 진행되어야 한다.

일반적으로 설계시에는 상품의 용도와 가격, 그리고 생산량등의 사항을 고려하여 생산시설을 어렵잡고 제품이 사용되는 장소의 기후나 법규등을 파악하여 설계에 반영한다. 이것을 설계의 초기개념(concept)이라 한다. 초기개념이 잡히고 나면 유사한 차량에서 필요한 자료를 수집하고 대상차량의 주요제원, 이를테면

크기, 중량, 출력, 구동방식등과 같은 목표값(target value)을 결정하게 되며 전체의 레이아웃으로부터 각 부의 설계 및 통합, 수정을 거쳐 도면이 작성된다. 이 때 차량의 성능을 향상시키기 위하여 중량감소, 엔진 출력확대, 각부의 마찰감소 및 차량중심의 저하등을 고려한다.

## 2.2 차체 강도 설계<sup>(2)</sup>

자동차의 설계작업중에서 가장 중요한 부분을 점유하는 것은 차체(body)설계이다. 차체설계는 자동차의 기획단계부터 시작하여 다른 기구부분과 깊은 관계를 가짐과 동시에 이와 다른 기계부분의 설계와는 달리 단순한 기능상의 관점으로부터만 설계되는 것이 아니라 자동차의 외관을 결정하는 중요한 요소를 갖고 있으며 그의 양분은 차체가 갖는 기능과 더불어 상품의 가치를 좌우하기 때문이다. 이러한 외관설계는 특수한 감각을 갖고 소위 공업디자인에 따라 행하여질 필요가 있는데 이 때 디자이너는 기계설계자와 항시 협력체제를 이루고 있어야만 한다. 차체설계는 신형차의 기획에 있어 차종, 용도, 크기와 가격등이 결정되고 난 후에 시작된다. 외관의 결정은 현재의 경향과 유행을 중시하여 차량의 특성을 강조하는데 주안점을 두어야 한다. 그런데 차체는 차량 전체 중량의 약 40%를 차지하므로 경량화와 더불어 그 기능을 충분히 수행할 수 있도록 하기 위하여 충분한 강도와 강성을 갖추어야 한다. 따라서 차체 설계시에는 구조적으로 적절한 강도해석이 필수적으로 수반되어야 한다.

강도해석의 목적은 제작된 자동차 및 구성부품이 실제로 사용될 때 요구되는 내구성을 갖추었는지의 여부를 계산에 근거하여 확인하고 이를 설계에 다시 반영하여 좀더 정밀한 강도설계를 가능하게 하기 위함이다. 또한 강성해석을 통하여 승차감과 안전성에서 요구되는 정도를 만족하는지 알 수 있고 경량화를 이룰 수 있는 근거가 된다.

일반적으로 차체해석의 범위는 크게 정적,

동적, 충돌해석등 3영역으로 나누는데 정적해석의 선형문제를 다루면서 강도 및 강성해석이 행하여진다. 보통 강도문제는 특정한 하중에 대한 부재의 최대허용응력의 값으로, 강성은 최대허용 처짐의 값으로 정의를 내린다. 이 때 차체를 하나의 단순한 보(simple beam)로 가정하여 재료역학적 계산에 의해 굽힘강성(EI)과 비틀림강성(GJ)을 구하는데 일반적으로 강성보다는 강도에 대하여 설계가 이루어진다.

과거의 설계는 경험, 시험, 또는 실차증명등에 의해 행하여졌으나 수학적인 모델링기법이 발전되고 특히 컴퓨터의 발달로 유한요소법을 통하여 모사(simulation)해석이 가능해짐에 따라 더욱 정밀하고 자세한 설계가 이루어지게 되었다.

그러나 이와같은 해석은 설계의 각 단계마다 행하여지는 것으로서 설계과정 자체를 변경하는 것이 아니며 해석모델이 형성되지 않고서는 진행될 수 없는 작업이므로 초기의 기획설계에서는 차체의 강도부재를 우선 결정해 주고 대체적인 중량을 산정하므로써 개발의 진척을 촉진시킨다.

## 3. 각국의 동향

국내의 자동차 제조업체들은 대부분 자동차 선진국이라 할 수 있는 미국, 서독, 일본등과 제휴하여 그 기술 및 설계자료를 얻고 있는데 이들 각 나라마다 나름의 설계방식을 가지고 있으므로 국내의 상황과 더불어 그 동향을 살펴 보기로 한다.

### 3.1 미국

보통 자동차 제작기간을 5년 정도로 잡고 설계지원이 시작되는데 초기해석부터 정밀해석까지 5단계를 거친다<sup>(3)</sup>.

처음에 간단한 보요소를 설정하여 부재의 크기를 대략 정한 후 각 성분별로 해석하고 이를 종합하여 수정 검토한 뒤 정밀한 수치해석을 통하여 정·동적 특성 및 최적문제를 다룬다

음 이로부터 차체의 원형을 결정짓는다.

차체에 관한 연구로서, 1974년 R.J.Melosh<sup>(4)</sup>는 유한요소법을 이용하여 Ford의 바닥프레임 모델을 200개의 보요소로 가정하고 NAS-TRAN으로 정·동적 해석을 실시하였다.

D.C.Chang<sup>(5)</sup>은 차체의 연결상태를 강제로 가정하는 것은 잘못이라 보고 이것을 어느 정도의 회전강성을 갖는 연결(flexible joint)이라 생각하였다. 이 값을 실험을 통하여 얻어낸 후 해석에 적용하고 차체의 거동에 대한 영향을 연구하여 양호한 결과를 보여주었다. 실제로 정밀한 해석을 하게되는 경우에는 차체연결점의 회전강성을 고려한다.

1975년 K.S.Skattum<sup>(6)</sup>은 차체설계에 적용할 수 있는 정량적인 표준을 규명하고 프론트부위의 강도해석과 차체의 동적해석을 통하여 그 예를 비교 제시하였다.

1977년 J.A.Augustus<sup>(7)</sup>는 G.M.승용차 Vega를 그림 1과 같은 연결과 판이 결합된 구조물로 보고 정·동적 해석과 그림 2와 같은 형상을 가진 차체 앞부위의 충돌해석을 통해 각 부재의 응력수준을 검토한 후 차체의 중앙부가 강성이 부족함을 보였다.

1984년 A.A.Butkunas<sup>(8)</sup>는 Ford자동차에서의 해석활동 및 모델링에 지원되는 체계와 기법등을 소개하였다. 여기서 그는 유한요소해석을 위한 모델링의 일반적인 특징을 비교설명하면서 선형에서 비선형 문제에 적용하는 방법까지 좌굴, 경량, 최적, 소음 그리고 프론트와 보디 마운트에 이르는 8가지 예를 통해서 자세히 설명하고 있다.

그런데 이상과 같은 해석에는 주로 유한해석을 통하여 이루어지는데 그러한 모델에는 판과 보가 동시에 나타나는 복잡한 경우가 많고 실제에 가깝게 모델링하기 위하여 어려운 과정을 간혹 거쳐야 한다.

1986년 C.T.Chon<sup>(9)</sup>은 기존의 복잡한 해석을 단순화하여 차체의 모든 강도부재를 단지 보요소로만 가정하고 그림 3과 같은 모델을 제시하였는데 이러한 모델을 "Stick Model"이라 하였다. 그는 이 모델에 대하여 굽힘과 비틀림 해석을 실시하고 실험값과 비교함으로써 그림 4와 같이 5% 이내의 양호한 결과를 보여주었다. Chon은 이 해석을 위하여 EAL 프로그램을 사용하였지만 초기의 단순한 해석을 위해서는 비교적 처리가 간단하여 PC 수준에서도 용이한 방법이며 양호한 결과를 동시에 가져다 주는 해석으로 관심을 끈다.

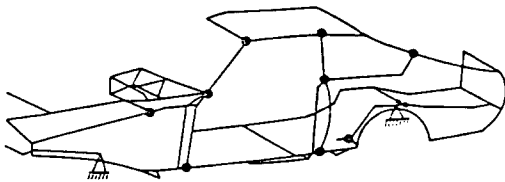


그림 1 연결이 포함된 차체구조

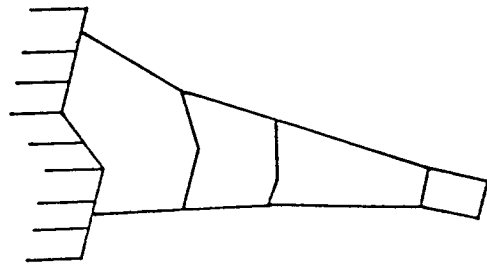


그림 2 차체 앞부분 모델의 형상

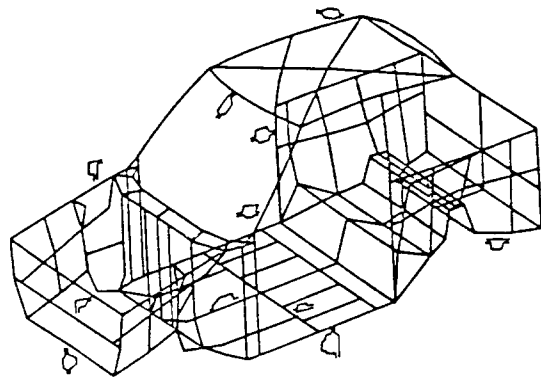


그림 3 스틱모델에 의한 차체구조모델

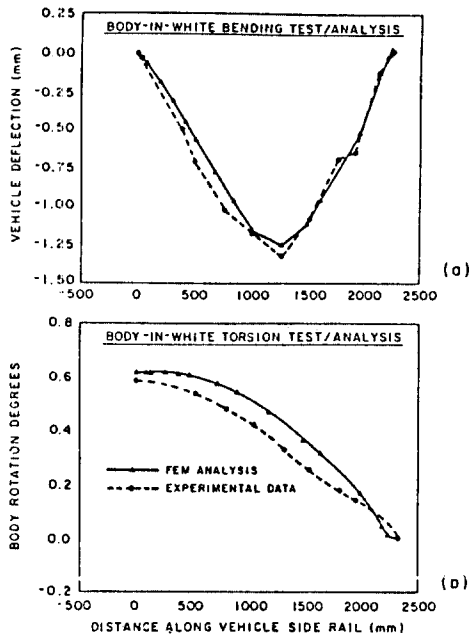


그림 4 유한요소해석과 실험값의 비교

### 3.2 서독

서독은 자동차기술의 왕국으로 오래된 기술 축적을 가지고 있으며, 각종 부품에서도 첨단 기술을 갖고 있다. 차체의 강도설계는 일찍부터 유한요소법을 이용한 것이 사용되었으며<sup>(10)</sup>, 이후에도 계속 개발하여 Daimler-Benz사에서는 ESEM/TPS10을 사용하고 있다<sup>(11)</sup>. Benz사에서는 복잡한 동적계산에는 유명한 NAS-

표 1 1975.1.1~1976.12.31 간의 유한요소시스템의 응용실적

	NASTRAN	ESEM/ GROVER/TPS10
Computer DM	1,334,690	164,878
Costs p.c.	89.0	11.0
CPU h	621.3	52.4
Time p.c.	92.2	7.8
Number of jobs	10,006	1,772
p.c.	85.0	15.0

TRAN을 사용하고 있는데 계산비용이 막대하므로 자체개발의 ESEM/TPS10을 간단한 문제에 사용하고 있다.

표 1에서 이러한 시스템의 2년간의 사용실적을 대비하고 있다.

자체개발 프로그램인 GROVER에서는 요소를 로드와 바아로 이상화 하고 있으며 비선형

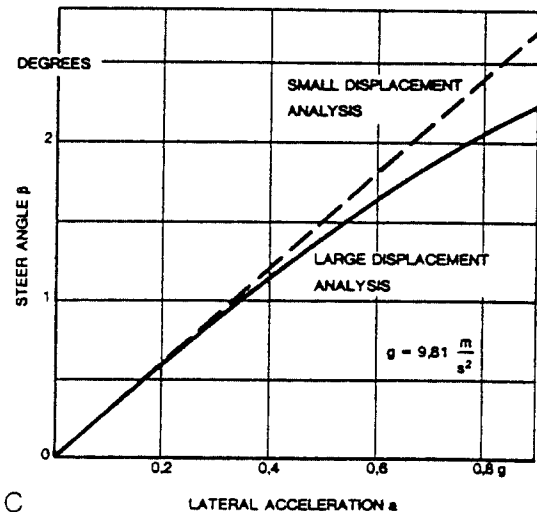
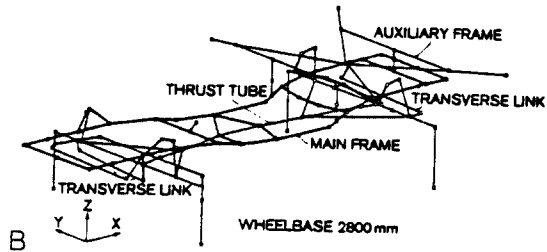
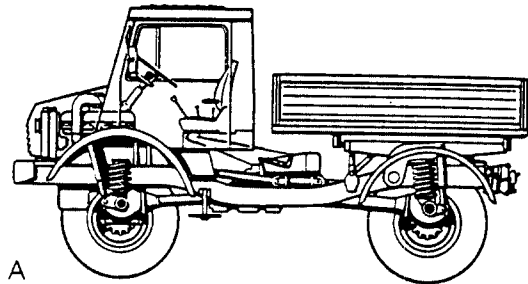


그림 5 트럭 해석모델과 해석의 결과

(미소변형률, 큰변위) 해석으로 차체의 동적 거동을 계산하였다. 연산은 정적인 경우를 먼저 실시하고 이를 기초로 하여 반지름 10.5m의 도로를 20km/h의 속도로 회전할 때 횡방향의 동적응답을 계산하고 있다. 그림 5에서 이 연산의 결과를 보여준다.

### 3.3 일본

일본은 1949년에 자동차 기술회의 강도주행 시험법 위원회에서 “자동차 강도규준”을 만들고 1962년에는 완전한 내용의 “자동차 부하계산 기준”<sup>(12)</sup>을 작성하였다. 이러한 자동차 부하기준의 심의 및 개정기준자료를 얻기 위한 공동 실험과정에서 자동차 각사의 지식이 교환되어 자동차업계 전체의 기술수준 향상을 가져왔던 것이다.

설계방식에 있어서는 초기의 개념에서부터 시작하여 여러가지 설계사항을 검토하는 “Concept Car”단계에 세심한 주의를 기울인다. 여기서부터 해석을 하기 위한 “Target Car”를 설정하고 이 해석한 결과를 추정하여 현행차의 불합리한 점과 더불어 개발차에서의 결과를 도면에 반영하게 된다. 이러한 단계를 “Model Car”단계라 한다<sup>(2)</sup>. 이후 각 부품에 대한 내구성 시험을 하게 된다.

차체해석은 1940년도에 항공기 구조해석에서 쓰이던 방법을 이용하기 시작하였는데, 1963년 Ken Kirioka<sup>(13)</sup>는 cut-out 처리방법을 그대로 차체에 적용하기에는 개구부가 많아 어렵다고 보고 라멘구조와 판이 결합된 세미모노코크구조<sup>(14)</sup>로 차체가 이루어졌다고 생각하였다. 그는 먼저 이러한 구조가 타당성을 갖는지 검토하기 위하여 그림 6 및 그림 7과 같은 측면 패널과 상자형 등 2가지 모델에 대하여 응력법(force method)으로 해석을 실시하였다.

이 때의 주요한 가정으로는 다음과 같다.

- Rigid Frame : -전단력과 수직력에 의한 변형은 무시할 정도로 작음
- 연결점의 강성은 충분히 큼

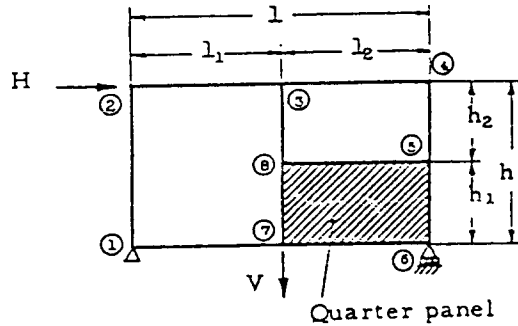


그림 6 2차원 세미모노코크 구조 (측면 판-보 구조)

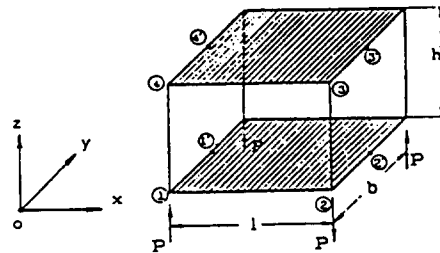


그림 7 3차원 세미모노코크구조 (상자형 판-보 구조)

-단면의 주축은 전체좌표축과 평행

- Reinforced Shell : -판은 두께방향의 응력변화를 무시할 정도로 얇음
- 판은 전단부하만을 받으며 좌굴하지 않음
- 보강재는 핀으로 연결함

위와 같은 해석을 통하여 최고 12% 정도의 오차를 나타내는 양호한 결과를 얻어내고 이를 근거로 하여 4 도어 세단 및 경밴 형태의 실차 모형을 제작하여 실험을 실시하였다. 이 실험값과 해석의 결과를 비교하여 국부적으로 큰 오차를 보이는 곳도 있지만(30%정도) 전체적으로 양호한 경향을 얻어 내었다<sup>(15,16)</sup>.

그 이후 컴퓨터의 발달로 유한요소법이 강력한 해석법으로 등장하기 시작하자 그는 1971년

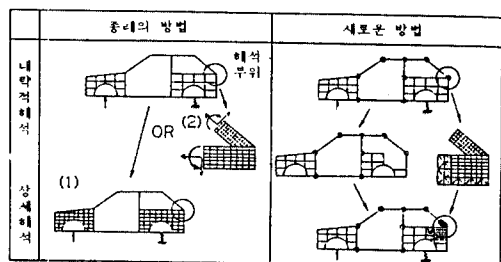


그림 8 강도 내구성의 해석모델

에 유한요소해석을 통하여 그가 제시한 세미노코구조해석의 타당성을 재입증하였다<sup>(17)</sup>.

ISUZU자동차의 Sukamori<sup>(18)</sup>는 보디의 내구성을 평가하는 재래의 방법을 개선하여 소요되는 해석시간을 줄이는데 기여하였는데 그는 그림 8과 같이 관심의 대상이 되는 부위를 상세한 요소로 나누고 그외의 부분은 비교적 큰 요소로 하여 동시에 해석을 하므로써 절점 및 요소의 수를 줄여 문제를 해결하였다. 그는 해석의 예를 rear pillar와 quarter panel이 만나는 부분을 들어 1823개의 절점과 2197개의 평판요소를 설정하였으며 이를 NASTRAN으로 해석하였다. 계산시간은 110분이 소요되었으며 유사한 해석을 10번 행하여 해석의 타당성을 증명하였다.

### 3.4 한국

국내의 차체 설계방식은 외국기술에 적잖이

의존하고 있는데 국부적으로 단위해석을 통하여 설계변경의 타당성을 검토하고 있다. 국내에서의 차량개발 기간은 보통 3년으로 짧게 잡고 있는 것이 특징이다. 이것은 초기의 개념분석 및 검토작업에 대한 기술축적이 충분하지 못하고 시간이 많이 소요되는 종합적인 해석과 각 부의 상관적인 영향을 검토하는 작업은 대개 외국에 의뢰하기 때문이다.

국내에서의 차체연구는 1983년 이종원<sup>(19)</sup>의 차체강도해석이 있다. 그는 이 해석을 통해 승용차 설계방안의 기초를 마련하고자 차체를 빔과 얇은 (0.9mm) 셸요소로 하여 유한요소해석을 실시하였다. 이 때 노력과 경비를 줄이기 위하여 substructure기법과 restart 방식을 사용하였는데 일반적인 구조해석시의 가정을 통하여 정적해석을 실시하고, 차체의 중앙부와 뒷창문 주위 그리고 pillar와 plate가 만나는 곳에 높은 응력분포가 나타남을 보였다. 또한 굽힘모멘트는 dash panel부근에서 가장 큰 값을 나타내며 이 부분의 단면을 크게 설계하여야함을 보여 주었다.

그는 또 모델해석을 사용하여 승용차의 동적특성을 연구하고 승차감향상을 위해서는 suspension의 강성이 중요한 요소로 작용한다는 것을 설명하였다<sup>(20)</sup>.

1988년 김천욱<sup>(21)</sup>은 차체의 강도해석을 위해 변형의 모델을 대상으로 실제하중을 줌으로써 보디의 내하능력을 검토하였다. 먼저 차체를 1

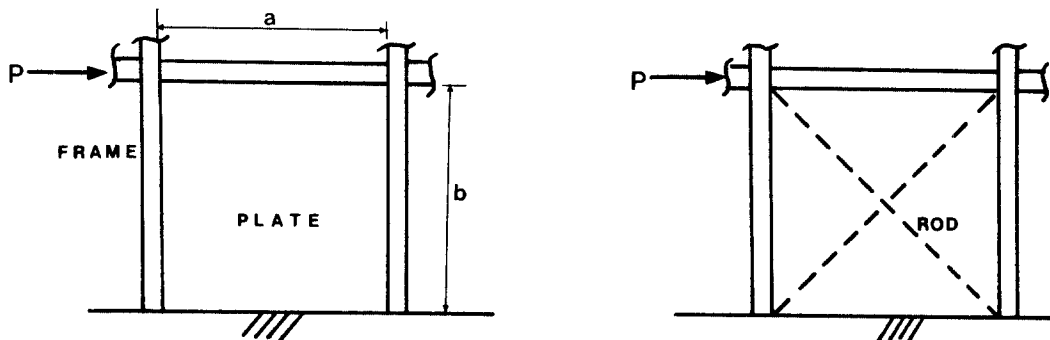


그림 9 등가 내부 대각부재의 설정

차원 보로 가정하고 보디가 형성되었을 때와 최대굽힘모멘트를 비교하여 보디가 전체하중의 약 75~80%를 담당한다고 주장하였다. 또한 그것을 기초로 하여 형성된 차체는 충분한 강성을 가졌음을 보였다.

1989년 그는<sup>(22)</sup> 초기설계시에 이루어지는 해석을 간단화하기 위해 Ken Kirioka의 세미모노코크구조를 이용하였는데 여기서 판의 효과를 무시할 수 없다는 생각에서 그 효과를 대신할 수 있는 내부대각부재를 그림 9와 같이 설정하고 전단변형시 축력만을 전달하는 로드부재의 단면적을 가상의 원리로부터 Castigliano의 법칙을 이용하여 다음과 같은 식으로 결정하였다.

$$A = \frac{(1+k^2)^{3/2}}{4(1+\nu)k} \cdot a \cdot t \quad , \quad k = b/a$$

단,  $a, b$ 는 판의 크기,  $t$ 는 판의 두께

강석철<sup>(23)</sup>은 1990년에 보의 이론을 적용하여 사다리꼴 모양의 세미모노코크구조에서도 같은 방법으로 내부 대각부재를 결정하였다.

이상과 같은 방법은 결국 판요소로 해석을 해야하는 번거로움에서 벗어나 한결 해석이 용이한 보요소로 차체를 대치할 수 있고 그에 따르는 신속한 해석방법이라는 것과 판을 무시하지 않은 등가식의 제시라는 점에서 주목된다.

그는 이상의 결과에서 타당성을 얻은 뒤 이것을 토대로 하여 초기 기획설계단계에서 부재의 단면을 결정할 수 있는 설계방식을 수립하였다<sup>(24)</sup>.

그 설계과정은 그림 10과 같다.

그는 여기서 Chon<sup>(9)</sup>이 주장한 스틱모델의 개념을 사용하여 국내의 1500cc, 2000cc급에 대한 자료를 수집하고 각 모델에 위와 같은 설계를 적용하였는데 해석의 결과는 기존의 연구결과와 같은 경향을 나타냄으로써 자신이 제시한 설계법이 타당성이 있음을 보여 주었다. 그는 여기서 차체의 중량을 계산하여 실차의 경우와 비교하므로써 경량화 연구에도 유용하게 쓰일 수 있는 가능성을 제시하였다. 다만, 실험적으로 증명이 되지 않은 상태이므로 앞으로의 연구진척이 주목된다.

요즈음은 차체해석에 컴퓨터가 많이 쓰이고 PC수준에서 충분히 쓸 수 있는 패키지도 다양하여 해석에 관한 어려움은 한결 줄어들었으나 이러한 컴퓨터를 이용하는 유한요소해석은 부재와 차체중량을 결정하기 위한 차체설계의 기획단계에서는 적합한 방법으로 이용되기 곤란하다.

그의 K회사 연구실에서 바닥프레임의 강성을 높이기 위하여 측면레일사이에 횡부재와 중

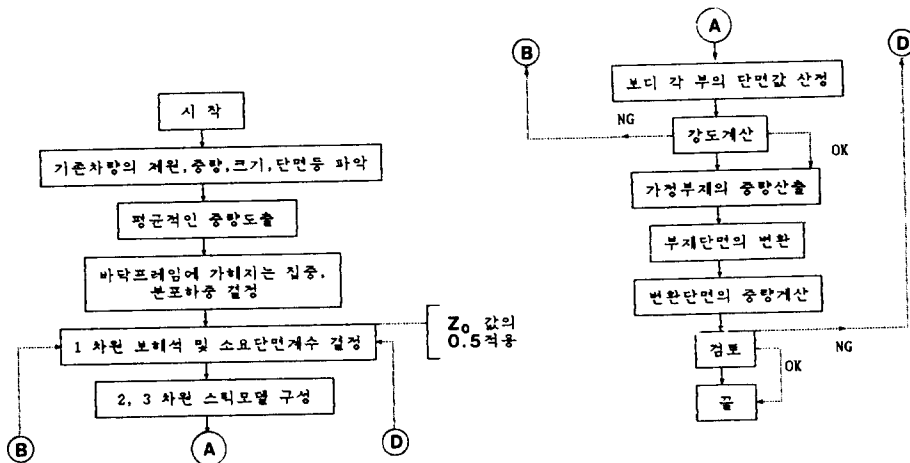


그림 10 차체구조설계 흐름도

양부재를 추가하여 굽힘에서 18%, 비틀림에서 8%정도의 강성증가치를 보여준 연구도 있다.

#### 4. 맺음말

국내의 자동차 제작은 짧은 기간에 상당한 생산수준을 이룩하고는 있지만 경험과 기술측적은 그 성장세를 따르지 못하고 있는 것이 사실이다. 일본의 경우와 같이 자동차 각 사의 기술 및 정보교환이 활발하지 못하고 기초적인 설계방식에 눈을 돌릴 여유가 없었음을 인정하지 않을 수 없다. 근간에 자동차 5개사가 모여 자동차기술연구소를 설립한다는 소식이 고무적이기도 하지만 각자의 사심을 버리고 서로 협력하여 좀더 넓은 안목으로 국외로 시야를 돌려 지금이라도 국제적인 경쟁력을 키워 나가야 할 때라 생각한다.

이러한 관점에서 국내의 상황에 적절한 설계 및 해석의 연구에 역점을 두고 활발한 연구가 이루어져야 하겠고 이에 필요한 강도해석의 기준을 설정하는 것도 시급한 과제라고 아니할 수 없다.

#### 참고 문헌

- (1) 小田柿浩三, 自動車の設計, 山海堂, 1978.
- (2) 式田昌弘, 金山幸雄, 自動車の強度, 山海堂, 1989.
- (3) Mounir, M.Kamal, and Joseph. A.Wolf, Jr., 1982, "Modern Automotive Structure Analysis", Van Nostrand Reinhold Company, pp. 1~20.
- (4) Robert. J.Melosh., 1974, "Finite Element Analysis of Automobile Structures", SAE Trans. 740319, pp. 1341~1355.
- (5) David, C. Chang, "Effect of Flexible Connections on Body Structural Response", SAE Trans. 740041, pp. 233~244.
- (6) Knut, S. Skattum., John F. Harris. and Larry J. Howell., 1975, "Preliminary Vehicle Structural Design for Comparison with Quantitative Criteria", SAE Trans. 750136, pp. 650~661.
- (7) James, A. Augustitus., Mounir, M.Kamal and Larry J. Howell., "Design through analysis of an Experimental Automobile structure", SAE 770597, pp. 2186~2198.
- (8) Butkunas, A.A., 1984, "Analysis of Vehicle Structures", Int. J. of Vehicle Design, Vol. 5, nos. 1/2, pp. 3~25.
- (9) Choon, T. Chon., Homa Mohammadtrab and Mohamed El-Essawi, 1986, "Generic Stick Model of a Vehicle Structure", Vehicle Structural Mechanics Conference and Exposition, Detroit, Michigan, April 22-24, SAE 860825, pp. 235~241.
- (10) Radaj, D., Zimmer A. and Geissler H. 1974, "Finite Element Analysis, an Automobile Engineer's Tool", SAE Paper 740338, SAE.
- (11) Radaj, D., Zimmer A. and Geissler H. "Novel Developments and Applications of Finite Element Method at Daimler-benz", SAE Paper 770596, SAE.
- (12) 일본자동차기술회, 자동차부하계산기준, 1964.
- (13) Ken, Kirioka., 1963, "A Structural Analysis of the Semimonocoque Car Body" preprint of JSME, No. 94, pp. 75~78.
- (14) 김항욱, 1980, "항공기 기체 구조론", 항공대학논문집.
- (15) Ken, Kirioka., 1963 "An Analysis of Body Structure", International Automotive Engineering Congress, Detroit, Michigan, Jan. 11~15, SAE 979 pp. 1~24.
- (16) Ken Kirioka, 1965, "An Analysis for Twist of the Semimonocoque Car Bodies(2)", preprint of JSME, No.117, pp. 37~40.
- (17) Ken.Kirioka., "An Analysis of the Structure (2)", SAE 710157.
- (18) Isao Sugamori, "構造解析에 의한 自動車の強度耐久性の評價法", 自動車技術會, 812 A 47, pp. 305~312.
- (19) 이종원, 조영호, 박관흠, 1983, "A Study of



- Vehicle Structure Analysis" 자동차 공학회지, Vol.5, No.1, pp.55~62.
- (20) 이종원, 박윤식, 박관홍, 조영호, 1983, "Dynamic Analysis of Vehicle System using Numerical Method", 자동차공학회지, Vol.5, No.3, pp.45~55.
- (21) 김천옥, 김지홍, 이신영, 1988, "車體構造解析研究", 연세대학교 산업기술연구소 논문집, Vol.20, No.1(28).
- (22) 김천옥, 김지홍, 전홍재, 1989, "세미모노코 크구조의 라멘해석", 연세대학교 산업기술연구소 논문집, Vol.21, No.1(30).
- (23) 강석철, 1990, "사다리꼴 판-보 구조의 등가강성에 관한 연구", 석사학위 논문, 연세대학교 대학원 기계공학과.
- (24) 김천옥, 김지홍, "차체해석법", 대한기계학회 '90년도 고체역학부문 학술 강연회 초록집, pp.52~59.



국제 학술대회 참가 안내

**MTP '91-Hiroshima**  
**International Conference on Motion and Power Transmissions**

주 관 : Machine Design and Tribology Division of the JSME

일 시 : 1991년 11월 24일~26일

장 소 : The Internation Conference Center Hiroshima  
 Hiroshima, Japan

- 분 야 :
- Gear Design & Synthesis
  - Gear Manufacturing and Inspection
  - Gear Dynamics and Noise
  - Gear Strength and Durability
  - Gear Lubrication and Scuffing
  - Gear Unit Design & Applications
  - Traction Drives & Tribology
  - Belt and Chain Drives
  - Hydraulic Drives
  - Clutches and Couplings
  - Positioning and Transmission Error

일 정 : Preliminary Application-1990. 9. 30

Abstract -1990. 12. 31

Papers 채택 여부 통보 -1991. 3. 31

Papers 제출 -1991. 8. 31

연락처 : The Secretariat of the JSME International Conference on Motion and Power Transmissions

attn. Prof. Aizoh KUBO

Dept. Prec. Mech., Kyoto University

Kyoto 606, JAPAN

FAX number : (JAPAN)-75-771-7286

Telex : 5423115 ENG KU J

\* 또는 국내 연락사항, 자세한 내용 및 Call for Papers은 한양대학교 정태형 교수께 문의 바람. 전화 02-292-2111, 3111 교환 2260 FAX 02-296-0955