

틸팅시스템을 적용한 삼륜차량 디자인 연구

The Study of Three-wheel with Active Tilt Control(ATC) Systems in Design

- 삼륜 스쿠터를 중심으로 -

- Concentrated on Three Wheel Motor Bike -

곽용민 (Kwak Yong-Min)

국민대학교 공업디자인학과 강사

안철홍 (An Cheol-Hong)

강원대학교 산업디자인학과 강사

1. 서론

- 1-1. 연구배경 및 목적
- 1-2. 연구내용 및 방법

2. 해외의 삼륜차 개발 사례 및 분석

- 2.1. 해외 삼륜차 개발 사례
- 2.2. 해외 개발 능동형 경사선회 요소 장착 삼륜 차량 분석

3. 개발기획과 과제규명

- 3.1. 상황분석
- 3.2. 컨셉트설정
- 3.3. 제품 아이디어 찾기
- 3.4. 제품아이디어 평가 및 선정
- 3.5. 제품의 요구 사항

4. 틸팅 시스템을 적용한 삼륜 차량 설계

- 4.1. 삼륜 차량 전복 방지 설계
- 4.2. 삼륜 차량의 동력학적 모델 및 제어
- 4.3. 능동형 경사선회 제어요소 장착 설계
- 4.4. 경사선회 제어시스템 설계
- 4.5. 차체설계

5. 결론

- 5.1. 삼륜 차량의 디자인 컨셉트
- 5.2. Target User
- 5.3. 제원
- 5.4. 디자인 제안

참고문헌

(要約)

최근에 들어서 운전자에게 이동의 기능 뿐 아니라 주행의 즐거움을 줄 수 있는 차량이 요구되는 추세이다. 기존의 차량은 증가되는 차량대수에 교통시설과 주차시설 확충에 어려움이 있어 사회적 문제가 되기도 한다. 현재의 삼륜차량은 80%의 차량이 단지 혼자이거나 두 사람만을 운송하고 있다. 차량의 경량화는 에너지 자원의 경제적 이용과 환경 보존이라는 측면에서 더욱 중요하게 부각되고 있는 과제이다. 이러한 문제의 해결에 대한 한 방법으로, 한 명 내지 두 명이 타는 새로운 개념의 차량을 개발하기로 하였다. 이를 위하여 첫째, 기존의 해외에서 제작된 삼륜차에 대한 정보가 수집되고 분석된 후, 신 개념의 사시 시스템에 대한 수학적 모델링과 시뮬레이션과 시험모델 테스트가 병행되고, 이를 바탕으로 차체 디자인의 제작을 의도하고자 하였다. 특히, 주요 관점사항으로는 선회 시 차량이 능동적으로 바퀴와 차체를 회전중심 축으로 기울어지는 경사선회(Tilt) 요소 장착 삼륜 자동차를 제시하고자 하였다.

(Abstract)

In the latest date, vehicles are offered to the drivers, not only the skill for shifting but the pleasure for driving vehicles that are existing today can be a social problem because the amount of vehicles that are increasing give difficulty for the traffic facilities and parking expansion. these day 80% of four wheeled vehicle carriers single or double person the reducing car scale is an important thing about the financial good use resources of energy and the storage of environment. A solution for these problem is a new general idea vehicle development for one or two person to ride. For the sake of these reasons, first, the information is collected and analyzed about existing foreign countries production. Car external design is intended by mathematical modeling, simulation and model testing about frame system of new concept specially we would like to show three wheeled vehicle that has active tilt control(ATC) system. This car tilts actively by the center rotation wheel and frame when the vehicle turns

(Keyword)

삼륜 자동차, 틸팅, 스쿠터.

1. 서론

1-1. 연구배경 및 목적

최근에 들어서 운전자에게 이동의 기능 뿐 아니라 주행의 즐거움을 줄 수 있는 차량이 요구되는 추세이다. 기존의 차량은 증가되는 차량대수에 교통시설과 주차시설 확충이 보조를 못 맞추어 사회문제로 야기되기도 하며, 연구에 의하면 사륜차량의 80%의 차량이 단지 혼자이거나 두 사람만을 운송하고 있다. 차량의 경량화는 에너지 자원의 경제적 이용과 환경 보존이라는 측면에서 더욱 중요하게 부각되고 있는 과제이다. 이러한 문제를 해결할 기존 차량의 절반의 폭과 절반의 무게를 가지고 한 명 내지 두 명이 타는 새로운 차량을 개발하기로 하였다. 주요 관점부분은 대부분 선회할 때 대부분 측면을 받쳐주는 힘을 통하여 증가하는 횡력과 결부되어, 운전자에 의한 롤(Roll)각의 제어를 통하여 차체를 기울이는 동적인 주행이 이륜차가 가지는 가장 큰 매력일 것이다. 그러나 단점으로 사륜 차에 비교하여 측방향의 안전성이 결여되어 주행안전성이 떨어진다는 것이다. 단일궤도 주행 컨셉트인 까닭에 주행 안전성이 떨어지고 단지 운전자의 지속적인 개입을 통하여 수직으로 설 수 있다. 또한 이륜 차량의 차체가 운전자를 보호하고 있지 않는 까닭에, 그 운전자는 모든 기후조건에 단지 그에 상응하는 복장에만 의지하도록 내버려진다. 그러나 사륜차의 경우, 고속 선회 시 전복될 수 있는 위험요소를 제외시켜도, 운전자로 하여금 차체의 거동과 반대되는 운동을 요구하여, 과도선회(Transient cornering)를 하는 동안 보다 자연스런 운전조건이 결여되는 단점이 있다. 이러한 이륜차와 사륜차로 자리 잡은 자동차의 주행 역학적 범위에서 사륜차와 이륜차의 단점을 극복하고 장점을 결부시켜 미래의 새로운 자동차 컨셉트에 제기되는 요구를 해결하고자 한다. 이를 위하여 차량이 능동적으로 바퀴와 차체를 회전중심으로 기울이는 능동형 경사선회(Tilt) 요소 장착 삼륜 자동차를 제시하고자 한다. 이런 차량 연구에 있어서, 합리적인 단계별 설계계획이 우선 수립되었고, 디자인과정에서부터 설계 및 제작 과정에 컴퓨터의 프로그램들을 이용한 동시공학이 접목되었다. 우선 기존의 해외에서 제작된 삼륜차에 대한 정보가 수집되고 분석된 후, 신 개념의 사시시스템에 대한 수학적 모델링, 시뮬레이션과 시험모델 테스트가 병행되고, 이를 바탕으로 디자인과 설계 그리고 제작을 하는데 목적을 두었다.

2-2 연구내용 및 방법

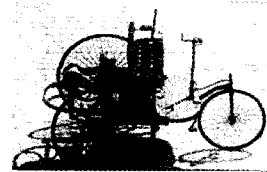
이륜차와 사륜차로 자리잡은 자동차의 주행 역학적 범위에서 사륜차와 이륜차의 단점을 극복하고 장점을 결부시켜 미래의 새로운 자동차 컨셉트에 제기되는 요구를 해결하고자 하는 것이 본 논문의 내용이다. 연구 방법으로는 현존하는 제품과 과거에 발표된 자료들을 찾아 그 차량의 특징과 장단점들을 고찰하고 분석하여, 틸팅의 개념을 적용한 삼륜 스쿠터의 디자인 제안을 하게 되었다. 우선 해외 사례에 의한 자료를 분석하였고, 선회 시 전복의 우려를 최소화하기 위한 틸팅의 개념을 정의하면서 컴퓨터에 의한 시뮬레이션 데이터 값을 추

출하여 새시 설계를 하였다. 그 새시 위에 기본적인 패키지 레이아웃이 적용되었으며, 디자인이 진행되었다. 디자인은 3D 툴로서 진행되었고 그 과정에서 설계 프로그램과의 데이터 피드백으로 부품들의 간섭 관계나 틸팅의 각도 등을 체크하여 사전에 문제들을 좁혀나가는 프로세스를 진행하였다.

2. 해외의 삼륜차 개발 사례 및 분석

2.1. 해외 삼륜차 개발 사례

세계적으로 자체적인 동력을 갖고서 주행을 하는 가장 최초의 삼륜차는 수증기 기관으로서 1769년에 제작된 프랑스의 Cognot이다. 그 상업적 모델이었던 Sinclair-C5는 잦은 롤 전복으로 인하여 시장 판매 실패라는 결과를 낳았다. 이후 벤츠가 제작한 최초의 자동차가 삼륜차인 만큼 유럽에서 삼륜차의 역사는 깊다. 1886년 독일 만하임에서 그의 최초의 차가 시운전되었다.



<그림. 1> Benz Three Wheeled vehicle. 1886

당시 전차나 기차와 같은 선로에 의한 운송기관이 아닌 마차를 제외한 운송기관으로써, 그의 첫 특허출원이 된 자동차는 삼륜차였다. 1기통 실린더모터로 0.88마력을 지닌 차였다.

1931년 독일 브레멘에 위치했던 Hansa-Lloyd und Goliath 제작소에서 이인승 목조차체의 삼륜차 골리앗-파이오니아를 제작하여 배달차량으로 삼륜차를 상용하였다.



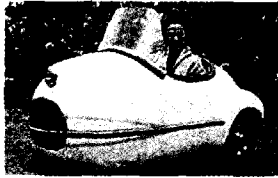
<그림. 2> Goliath-Pioneer, 1931

1939년까지 판매하다 이차대전 후에 Borgward에 의해서 인수되어 삼륜차의 전통을 이어가게 되었다. 간단하면서도 강한 구조의 경제적 삼륜차를 상용화한 회사는 영국의 Morgan이었다. 1932년 Morgan super sports라 명명된 이차는 40마력, 최고속도120km/h의 쾌적한 승차감을 주는 1인승 삼륜차였다.



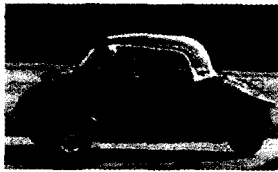
<그림. 3> Morgan-Super sports, 1932

이 차는 이륜차를 개조하여 개발되었으므로 체인으로 구동력을 전달하였고, 당시 3~4륜의 소형자동차 경주에서 우승하였다. 레이서였던 Egon breutsch는 경주용 차량의 제작자로 출발하였다. 후에 그는 소형차를 개발하는 데 주력하였다. 그는 한가지 종류의 차량을 시리즈로 개발하였는데, 그 중 가장 인기 있었던 것이 1956년 탄생시킨 Bruetsch mopetta 였었다.



<그림. 4> Bruetsh-Mopetta, 1932

이 소형차는 열 경화 수지를 사용한 삼륜차로서 125cc 1기통 6마력 엔진의 80km/h로 지속적으로 달릴 수 있다. 비행기설계자였던 Messerschmit's는 그가 제작한 삼륜차에 공기역학설계를 시도하였다. 1인승의 차량으로 개발된 삼륜차였으나 90km/h, 10마력으로 차량의 무게가 210kg의 소형차였다.



<그림. 5> Messerschmit's 3wheel vehicle

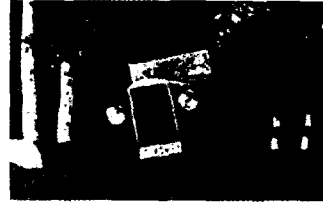


<그림. 6> Wuedo's 3wheel vehicle

<그림.6>의 Wuedo's는 가장 최근에 소개된 유럽의 삼륜차 모습으로 BMW Motorcycle 만을 주로 개조하는 독일 도르트문트에 위치한 뷰도라는 한 튜닝 업체에서 이륜차를 삼륜차로 개조한 차량이다.

2.2. 해외 개발 능동형 경사선회 요소 장착 삼륜 차량 분석

오늘날까지 상이한 동기와 여러 해결방안을 가지고 차량의 롤 전복에 대한 연구가 지속적으로 연구되어 왔다.



<그림. 7> Kolbe's Tiling 4wheel Test Vehicle

유럽은 이미 1930년대에 사륜 차량 새시의 스프링 위의 요소만을 선회 안쪽으로 기울이는 Kolbe라는 실험차량을 제작하였다. 이러한 연구가 계속적으로 진행되는 것은 선회 시 승객에게 증가되는 횡 가속도를 감소시킬 뿐 아니라 소폭의 타이어 장착 차량이 갖는 전복 위험도를 낮춰 차량의 주행 능력을 향상시키기 때문이다. 그러나 이러한 차량에 대하여, 그 차체 제작 측면에서 갖는 단점으로 인하여 이상적인 경사 선회 각에 충분히 도달하지 못하였다고 차체 제작 사에 기술되어있다. 이러한 연구를 통한 장치구현은 주로 삼륜차에 적용되었는데, 이는 경제적 상업성이 주된 이유로, 이러한 기술은 자사의 기술성을 광고하는 컨셉트 차량을 선보이는데 쓰이고 있으나 점차 상용화를 위한 기술로 연구될 것이다. 그 대표적인 예가 바로 GM의 Lean Machine, 혼다의 Gyro와 Deimler Chrysler의 F300 Life-Jet으로서, 선진 자동차 메이커에서 이러한 능동형 경사선회 요소 장착 삼륜 차량에 기울이는 관심을 입증한다. 해외 개발 능동형 경사선회 요소 장착 삼륜 차량 개발의 컨셉트는 크게 둘로 나뉘 볼 수 있다. 이렇게 구분하는 목적은 연구 발표 자료에 보고된 기존 차량의 작동 원리에 대한 장단점을 보다 객관적으로 분석하여 신 차량의 컨셉트를 설정하는 데 반영하기 위함이었다. 우선, 그 능동형 경사선회 컨셉트는 단일궤도 또는 복선궤도 차륜 동역학적 모델 중 어떤 것에서 출발하였는지를 가지고 구분된다. 차륜과 차체가 동일한 롤 운동을 하는 이륜 차량과 같은 단일궤도 동역학적 모델을 컨셉트로 하거나, 샤시 스프링 아래 요소는 사륜 차와 같은 롤 운동을 하도록 두고, 단지 샤시 스프링 위 요소는 선회 안쪽으로 롤 각을 갖도록 하는 사륜 차량과 같은 복선궤도 동역학적 모델을 말한다. 또한 그 컨셉트는 운전자의 차량 주행 조정 제어 관점에서 능동형 또는 반 능동형으로 나뉘질 수도 있다. 능동형은 능동형 현가 기구 장치에 의하여 운전자가 경사선회 제어로부터 분리되어 조향만 관여하는 것을 의미하며, 반 능동형은 운전자가 조향과 더불어 선회경사각도 제어하는 것을 말한다. 이러한 관점을 가지고 기존에 해외에서 제작된 차량들의 컨셉트를 분석하였다.



<그림. 8> Neander-Kurvenneiger

1947년에 제작된 Neander의 컨셉트는 삼륜차의 롤 전복의 문제점을 극복하려는 시도뿐 아니라 운전자에게 작용하는 횡력을 감소시키려는 시도였었다. 따라서 차륜의 캠버릭 증대 외에 운전자를 기울이기 위하여 차륜과 차체를 동시에 기울이는 시도를 하였다. 경사각을 조향 각과 결부시켜 작동시키는 시스템을 채택하였으므로 운전자는 운전자의 힘을 통하여 경사각에 부합되는 횡력과 연루된 조향을 핸들링에 의해 추가적으로 하여야 했다. 결과적으로 이상적인 경사각을 구현하기엔 아직 미흡했다.



<그림. 9> Honda Gyro모델과 GM Lean Machine, 1980

오일파동의 영향하에 도시형 일인승 자동차를 개발을 위하여 1980년대에 미국에서는 다른 방식의 경사선회 방법을 시도하였다. GM은 구동륜인 후륜에 연결된 차체와 조향을 담당하는 전륜만이 경사선회를 하게 하였다. 이륜차의 선회력의 대부분이 캠버스리스트인 점을 착안하여, 운전자는 전기모터를 통하여 차체를 기울여서 선회를 한다. 이때 운전자는 후륜의 반대 방향의 롤 운동을 감안하여 롤 핸들링을 하여야 했으므로, 운전자의 힘이 과도하게 요구되지 않았으나 여전히 운전자는 추가적인 선회 경사각 제어 부담을 받았다. 같은 시스템을 이륜차에 스프링지지대를 이용하여 적용한 것이 혼다의 Gyro였다.



<그림. 10> F300 Life Jet, 1999

1999년 발표된 프로젝트 32 컨셉트 차량은 구동 차륜인 후륜의 현가 장치에 전자제어와 전기구동을 통하여 운전자의 경사선회 제어 부담을 덜고 이상적인 경사각을 구현하였다.



<그림. 11> F300 life jet, 1997

운전자에게 이륜차의 동적 운전의 즐거움을 제공하고 사륜차의 안전성을 도모하자는 컨셉트 하에 독일 Aachen 공대의 자동차공학 연구소가 시스템 연구를 착수하고 Daimler Chrysler

사에 의해 제작되어 1997년 독일 프랑크푸르트 모터쇼에 선을 보인 컨셉트 카가 Life jet이다. Life jet는 후륜 구동으로 A-class engine을 사용하고 별도의 전기 구동 없이 엔진 샤프트에 연결된 유압장치와 센서 및 전자제어기를 통하여 경사선회각을 구현하였다. Project32와 Life jet는 이상적인 경사각 구현과 더불어 인체 공학적인 조종성을 향상시킨 컨셉트였으나, 고가의 센서와 장치를 부착하여야 하므로 대량 생산의 측면에서 비용 문제를 제고해야 하는 단점이 있다. 1998년 발표된 네덜란드 Eco Car B.V.(社) 개발한 MWV는 운전자의 조향 의지에 따른 적절한 경사각을 유압장치가 구현하는 시스템을 갖췄다. 운전자의 조향각이 입력되면 파워 스티어링 유압장치에 의해 차체와 후륜 구동장치를 연결하고 있는 결합 회전부의 유압밸브를 개폐하여 선회경사각을 구현한다.



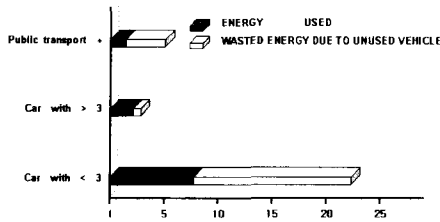
<그림. 12> MWV(Man Wide Vehicle), 1998

만일 운전자의 조향이 선회력에 적합하지 않을 경우 유압장치의 피드백에 의하여 운전자는 핸들링의 제약을 받게 된다. 그러나 후륜은 반대 롤 운동을 하므로 운전자는 후륜의 반대 롤각을 보상하는 추가적인 경사각제어를 한다. 이는 이륜차에 트레일러를 장착한 주행특성과 동일한 결과를 낳게 되어 조향에 대한 추종성이 떨어지며 조향력의 크기와 사고 회피능력이 떨어질 것이 예상된다. 이상의 비교에서 주지하듯 다각적인 기술 시도가 발표되고 있으며, 이륜차 또는 사륜차와 비견될 수 없는 주행 역학적인 특성을 가진 이유로 아직 기술우위 논쟁에 대한 기준이 없다. 다만, 이륜차량의 컨셉트에서 출발한 삼륜 차량 개발 사례인 벤츠의 Life-Jet나 트랜지트 이노베이션의 Project32가진 컨셉 그리고 사륜차량의 컨셉트에서 출발한 삼륜 차량 개발 사례인 GM의 Lean machine과 혼다의 Gyro 등의 컨셉트를 가지고 아헨 공대가 시행한 주행 역학적인 경험적 분석 결과에 의하면, 이륜 차량 컨셉트의 능동형 경사선회(Active Tilt System) 요소 장착 삼륜 차량이 가장 뛰어난 것으로 보고되고 있다. 이러한 ATC 삼륜 차량의 개발에 있어서 최근의 경향은 차량의 중심점에 작용하는 횡력과 중력의 합벡터 면에 차체의 대칭면을 정확하게 일치시키는 시스템 구현과 소형차가 갖는 상품 가격에 적합한 장치를 제작하는데 있다.

3. 개발기획과 과제규명

3.1. 상황분석

다음의 도표는 2X2 차량이 한 명 또는 두 명을 태울 때 많은 양의 에너지가 낭비되고 있음을 나타내고 있다.



<그림. 13> Total energy for passenger transportation

연구에 의하면 사륜차량의 80%의 차량이 단지 혼자이거나 두 사람만을 운송하고 있다. 경량 소형화 차량, 이른바 City-Car는 에너지 자원의 경제적 이용과 환경 보존이라는 측면에서 더욱 중요하게 부각되고 있는 과제이다. 또한 연령 및 성별 자가운전자 증대와 보조를 맞추지 못하는 주차 공간에 대한 불만이 고조되고 있다. 그 결과, 모노레일 등 기존 차량의 크기에 따른 소동 제약은 극복할 운송 체계가 다각도로 연구되고 있다. 한 명 또는 두 명을 태우는 차량의 개발은 다음과 같은 이점을 가져야 한다.

- 1) 경량화에 따른 에너지 절감 < 3 리터/100 km
- 2) 유해한 대기공해(CO₂, NO_x, C_xH_x) 약 40% 감소
- 3) 효과적인 노면점유율(비교 차량의 1/2)

3.2. 컨셉트 설정

현재 국내의 자동차 산업의 구조는 사륜 차와 이륜차가 양분되어 있는 실정이다. 국내 사륜 차 4개 업체와 이륜차 2개 업체는 각기 양분된 시장에서 틈새상품을 기획, 제작, 판매하고 있다. 판매 전략적인 차원에서 기존의 양분된 시장에 공동으로 파고들 수 있는 차량 컨셉트가 기획되어져, 새로운 시장 창출과 더불어 기존 시장의 틈새를 효과적으로 파고들 신 개념의 차량을 소비자에게 제시하여야 한다. 최근에 들어서 운전자에게 이동의 기능 뿐 아니라 주행의 재미를 줄 수 있는 차량, 이른바 유희성 차량(Fun vehicle)이 요구되는 추세이다. 이는 설계자에게 자가용을 소유하거나 소유한 경험이 있는 차량의 구매자에게 매력 있는 차량을 설계해야 하는 부담으로 작용하며, 기존의 차량과 다른 컨셉트를 도출하여야 함을 의미한다. 따라서 역동적인 롤 운동을 선호하는 이륜차 운전자와 사륜 차의 안락한 주행 감을 중요시하는 사륜 차 운전자를 모두 만족시키는 컨셉트가 필요하다.

3.3. 제품아이디어 찾기

다음과 같은 몇 개의 범주 속에서 제품의 아이디어를 찾아본다.

1) 저 중심차량 컨셉트, 윤거 길이의 증대에 부합되는 차량 무게 중심점 높이의 감소는 주행 속력과 선회 속력과 연관된다. 4륜의 고성능 차량(High performance vehicle)이 이상적이라 할 수 있다. 이 범주에서 가장 좋은 예는 Morgan super

sports이다.

2) 이륜차 컨셉트, 이륜차 운전자는 지면의 두개의 접촉 지점의 한 축에 그 무게 중심을 놓아야 한다. 정지 상태에서는 차량은 제어되기 쉽지만, 기후 조건에 따라 제동시 운전자가 다리를 지면에 내려서 차량 자세 제어를 하기가 대단히 어렵다. 그러므로 이륜차의 경사선회 제어 시스템의 개발은 실용적이지 못한 결론을 갖는다.

3) 경사선회 컨셉트, 단일궤도 주행을 하는 운송수단은 사륜 차와 달리 몸체를 선회안쪽으로 경사지는데 이는 가능한 한 무게전이를 줄여 감소된 횡적 안정성을 보상하기 위한 이유이다. 반대방향으로 급선회할 때, 경사선회를 하는 차량에 이륜차의 시스템의 고유모드로 정의되는Wobble(Shimmy)나 Weave가 발생했다면, 이러한 미끄럼 각은 캠버 스러스트가 충분하지 못하기 때문이다. 이 때 중심 이동이 동시에 이루어 지도록 하여 이상적인 캠버 각이 구현되도록 하여야 한다. 이 범주에서 가장 좋게 평가된 예는 F300 life jet 나 Project 32와 같은 단일 종축 선 동력학 모델 컨셉트 차량이다.



<그림. 14> view of title transportation a four wheeled vehicle

3.4. 제품아이디어 평가 및 선정

전개될 문제점에 대한 해결안으로 기술적 기능의 충족, 경제적 타당성의 실현 및 인간과 환경을 위한 안전 요구조건의 준수를 만족시킬 수 있는 최상의 선택이 되도록, 제품의 아이디어를 선정하는데 체계적인 평가가 필요하였다. 체계적인 방법을 위하여 해결안의 범위가 가능한 한 넓어야 한다. 모든 분류기준과 특성에 관심을 기울임으로써, 디자이너와 설계자가 폭넓은 해결안을 얻을 수 있도록 하여야 하며, 반대로 이론적으로는 가능하나 실제적으로는 얻을 수 없는 것들도 가능한 한 조기에 줄여야 한다.

3.5. 제품의 요구사항

유망해 보이는 제품 아이디어를 보다 구체적으로 상세하게 다듬어서 제품의 목표와 거시적 및 미시적 경제상황에 적합할 것 같은 제안들이 이 단계에서 정의되었다. 첫째, 차량 컨셉트는 하나의 수동적인 안전성 정도를 유지할 수 있는 장치를 장착하며 사륜 차의 안전한 주행요소가 통합되어야 한다. 이륜차 주행 경험이 없는 고객들에게는 그것을 통하여 경사선회가 갖는 캠버력에 의한 차량선회를 만끽할 수 있어야 한다. 둘째 이륜차 고객들에게는 이륜차 면허로도 삼륜차의 주행을 경험할 수 있는 가능성을 주어야 할 것이다. 셋째, 이전 모델이 없는 최초의 차량모델 개발에 따르는 비용이 극소화 될 수 있도록 적합한 차량을 선정하고 개조 개발하여 양산에 따르는 부

담을 줄여야 한다. 상용화될 수 있는 차량 개발을 위하여 경사각을 이상적으로 구현하되 상용화에 최대한 근접하는 메커니즘을 창출하여야 한다. 필요사항이란 어떠한 경우에도 만족되어야 하는 요구사항으로서, 이 조건이 만족되지 않으면 해결안을 수용할 수 없음을 의미한다. 차후 반대사항이나 수정 요구사항이 검토되고, 필요하다면 요구사항목록에 이들을 반영한다. 그래서 삼륜 차량 컨셉트 요구 조건 목록을 다음과 같이 나타내었다.<표.1>

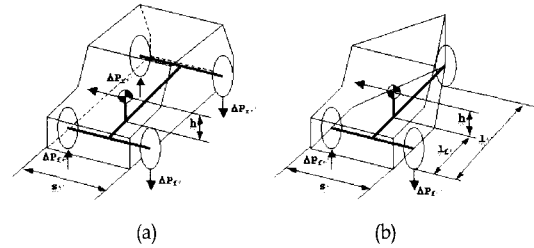
<표. 1> ATC 삼륜 차량 컨셉트 요구 사항

1. 삼륜 차량의 외관 제한:	윤거길이 = 800-1200mm
	축거길이 = 1000-1800mm 차량길이 = 1600-1800mm 차량높이 = 1000-1200mm 차량너비 = 700-1100mm
2. 삼륜 차량의 운동:	최소회전반경=2000mm 최대속도=100km/h 가속도 0-100 = 7.5 sec.
3. 휠	(엔진사양) = 30kW at 7500rpm
4. 에너지(인력 또는 유압 및 공압식):	간단하게 제작되고 효율과 안전성을 우선으로 선정할 것
5. 재료	구조용: 충분한 강도가 있고 비용과 구입 면에서 유리할 것 작동유: 열팽창이 엔진전도열에 영향을 받지 않을 것 작동기: 작동운동의 종류와 크기에 따라 선정하되 비용 면에서 제한을 둘 것 개조차량: 경사선회 조작을 쉽게 구현가능하며 부품호환이 가능한 많이 될 것
6. 안전	오작동에 대한 위험요소를 쉽게 처리할 수 있을 것과 운전자로 하여금 경고신호를 보낼 것. 전복 시 차체가 옆으로 미끄러질 것. 빙결 시 스노우 차량과 같은 다용도일 것.
7. 가공: 공차 고려	
8. 사용장소 (도로)	18도~+35도의 포장/비포장도로 주행이 모두 가능할 것.
9. 보수	보수간격 >106 시험운전횟수 4행정기관사용. 유지보수 기간을 넓힐 것.

4. 틸팅 시스템을 적용한 삼륜 차량의 설계

4.1 삼륜 차량의 전복 방지 설계

차량이 선회주행을 할 때 지면에서 h높이에 있는 차량의 무게중심점에서 작용하는 원심력에 의하여, 내륜에는 하중이 감소하고 외륜에는 하중이 증가한다. 그 내륜에 실린 휠 하중의 합이 제로가 될 때가 그 전복 경계 가속도, 즉 전복에 도달할 수 있는 최대 가속도에 이르렀다고 표현한다. 그 휠 가속도가 더 증가하면 차량은 전복하게 될 것이다. 사륜 차의 경우에 그 합이란 전륜과 후륜 중 내륜에 해당하는 휠 하중의 합이나, 삼륜 차량의 경우 두 바퀴를 가진 축의 내륜의 휠 하중이 결정적이라 할 수 있다.



<그림. 15> Visual aid to understanding boundary acceleration before tipping in a corner with a) four wheeled and b) three wheeled vehicle

이것은 실질적으로 삼륜 차량에 있어서 전복경계가속도가 두 바퀴가 있는 축의 정적인 휠 하중에 종속적임을 의미한다. 그리고 전복 안전도에 도달하기 위하여 실질적으로 다음의 3가지 방안을 삼륜 차량설계에 제시하고 있다.

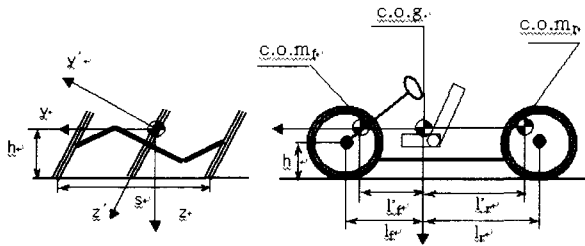
1. 원심력의 작용점의 높이를 낮추기
2. 차량의 질량을 두 바퀴가 있는 축으로 옮기기
3. 윤거의 길이 넓히기.

첫번째로 최저 지상고, 구동계의 위치, 통상적인 차량높이 1.3m의 이유로 그 무게 중심점 높이의 절대 길이는 인체 공학적 요구 값으로, 운전자와 동승자의 좌석 위치가 적어도 0.5m이상에 놓이는 반면에, 원심력의 작용점의 높이를 차체의 경사 선회를 통하여 낮출 수 있다. 이런 이른바 능동형 경사 선회 요소 장착 차량은 예를 들면 구동 장치를 가지고 원심력 방향의 반대 방향으로 차체를 기울인다. 두번째 방안으로서 두 바퀴를 가진 축 방향으로 차량 무게 중심을 옮기는 것은 구동 또는 제동 시 전후로 전복되는 위험을 감안하여 설계를 제한한다. 이것은 삼륜차나 사륜 차에도 해당되는 것으로 무게중심점이 전륜에 치우칠 때 감소한다면 또는 후륜에 치우칠 때 가속한다면 위험 요소로 작용한다. 세 번째 방안으로, 축거의 길이가 2.15m일 경우 윤거의 길이가 1.3m를 가지면 두 사람이 승차할 수 있도록 상대적으로 충분한 공간을 가진 삼륜 차량이 된다. 동시에 선회 시 트렉션(Traction)에 대해서 중요한 휠 하중이 변화할 때 사륜 차에 비하여 그 주행 성능이 떨어지거나 전복 안전도를 만족시킬 수 있다.

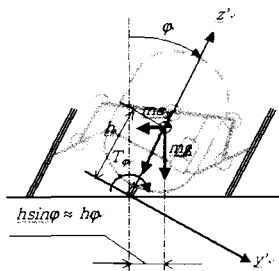
4.2 삼륜 차량의 동력학적 모델 및 제어

우선 삼륜차가 가진 차량 동력학을 이해하고 이를 바탕으로 운동방정식을 세우겠다. 그 운동방정식은 사시 설계 시 필수적으로 고려되는 승차감과 조종안정성 부분의 설계목표를 염두에 두고 고유 조향 특성을 수립하는데 사용된다. 이들 성능 목표는 승차 강성, 승차 강성 배분, 피치계인, 롤강성, 롤전복방지, 언더스티어 응답시간, 조향 민감도 등을 들 수 있다. 성능 목표는 기본 중량 및 크기 등의 정보와 함께 현가 장치, 조향 장치, 타이어의 설계 사양서 작성에 유용하다. 차량은 세

개의 강체로 이루어진다. 이 강체의 부분들은 전륜의 스프링 장치를 기준으로 스프링 아래(unsprung mass; m_U)와 스프링 위(sprung mass; m_S)로 구분할 수 있다. 모든 방정식은 중앙의 차체에 구속된 국부 좌표계를 사용하는 관점에서 쓰여질 것이다. 전륜과 후륜의 벡터 중심은 각각 허브(hub)의 중심에 일



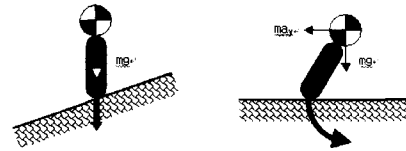
<그림. 16> a rough view for three wheeled vehicle



<그림. 17>The roll moment influenced by external force on three wheeled vehicle

4.3. 능동형 경사선회 제어요소 장착 설계

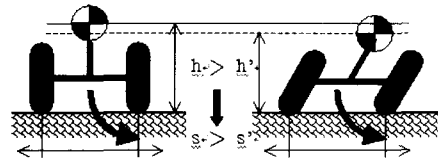
경사선회(bank(영), wanken(독))란? 이륜 차량에서 볼 수 있는 차체를 기울여서 주행을 하는 것을 지칭한다. 물체가 선회할 때 물체의 무게중심점에는 두 가지의 힘 요소가 작용하게 된다. 중심점에서 지구의 중심으로 작용하는 중력과 선회하면서 발생하는 원심력이 작용한다. 그 차량의 무게 중심점에서 이 두 힘의 합력이 이루는 면은 수직하지 않고 비스듬하게 놓이게 되며, <그림. 18>에서와 같이 원심력이 증가할수록 더욱 경사지게 되는데 그때 합벡터가 이루는 각은 a_y/g 가 된다. 이것은 차량이 구현하여야 하는 이상적인 경사각을 나타낸다. 이륜차의 운전자가 차량의 무게중심점이 위치하는 대칭면을 그러한 경사면에 일치되도록 기울일 때 이륜 차량은 전복되지 않고 주행을 계속 할 수 있다. 또한 경사진 주행노면에서 이륜 차량이 직진주행을 할 때 더 이상의 원심력은 존재하지 않기 때문에, 그 차량의 무게중심점에는 중력만이 존재하며 이륜차는 반드시 중력 벡터방향과 일치하게 세워져 주행하여야 한다. 따라서 경사선회란 직진 시 차체가 항상 중력방향과 일치하게 세워져 주행하며 선회 시 이상적인 경사각으로 주행하는 것을 의미한다.



(a) Banking at straight driving (b) Banking at cornering

<그림. 18> Definition of banking drive

소형 삼륜 차량이 사륜차량의 주행 안전 성능을 만회하기 위하여 능동형 경사선회 제어 요소(Active tilt control component)를 장착한다. 이때 그렇지 않은 삼륜 차량에 비하여 차량의 제원을 효과적으로 줄일 수 있다. 다시 말해서 경사 선회를 할 때 차량의 무게 중심 높이가 낮춰지므로 이를 윤거와 축거 길이 설계에 반영 할 수 있으며 따라서 중심점 역시 상대적으로 두 바퀴가 있는 축에서 멀리 가져갈 설계적 여유가 생기게 된다. 이를 바탕으로 차량을 소형 경량화 시킬 수 있다.



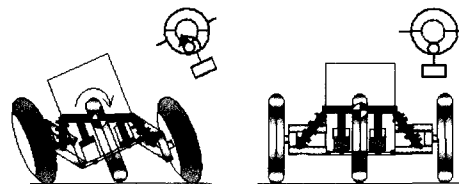
(a) Passive anti-roll over designed (b) Active anti-roll over designed

<그림. 19>Effect of the 3 wheeled vehicle with active tilt system

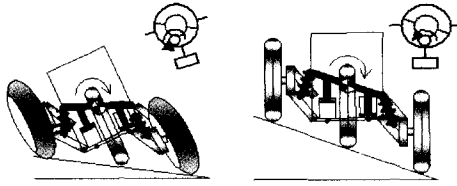
4.4. 경사선회 제어 시스템 설계

이륜차의 경우 운전자에 의한 지속적인 제어를 통하여 이륜차의 차체가 항상 이상적인 경사각에 놓이게 된다. 이륜차가 아닌 이륜 이상의 차량이라면 운전자의 힘에 의한 제어가 용이하지 못하다. 따라서 이러한 경사각을 기구장치를 통하여 실현하도록 하여야 한다. 이런 기구 장치는 두 가지 과업을 맡는다.

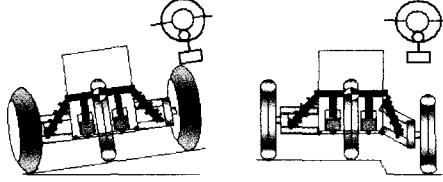
- 주행안전성의 보장, 다시 말해서, 첫 번째 과업으로 그 기구 장치는 차체의 무게 중심점 위치에 따른 횡 가속도에 의한 전복 모멘트에 대해서 작용하여야 한다.
- 차체의 경사는 본질적으로 그 주行的 즐거움을 주는 요소이다. 즉, 그 차체의 거동이 운전자의 기대에 부합되면서 차체를 이상적인 경사각에 유지시켜야 한다.



<그림. 20> 수평 노면 상에서 왼쪽 선회경우(왼쪽)와 직진의 경우(오른쪽)



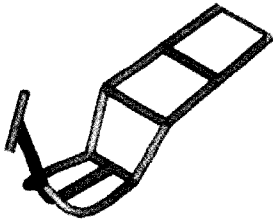
<그림. 21> 경사 노면 상에서 왼쪽 선회경우(왼쪽)와 직진의 경우(오른쪽)



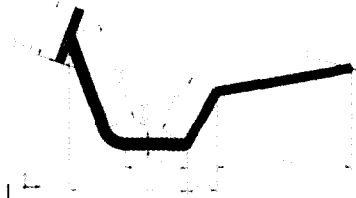
<그림. 22> 경사 노면 상에서 외쪽 선회경우(왼쪽)와 직진의 경우(오른쪽)

4.5. 차체 설계

개조 대상으로 선정된 차체는 <그림. 23>에서 보인 구조를 갖는다. <그림. 24>과 같은 크기의 이륜 차량 차체모델은 능동형 경사선회 제어계(ATC system) 장착 삼륜차의 전륜 부분의 구조 형상과 차체 경량화 설계의 기준 자료가 되었다. 채택된 차량의 차체 설계 도면을 근거로 <그림. 23> <그림. 24>과 같은 사시 모델을 완성하였다.



<그림. 23 >ATC 삼륜 차량의 base model structure 모습



<그림. 24> ATC 삼륜 차량의 base model structure 치수

5. 결론

현대 산업 사회에 차량은 운송수단에 있어서 기능뿐만 아니라 합목적성을 지닌 제품의 역할을 배경으로 경제적, 사회적, 문화적 측면에서 중요한 역할을 하고 있다. 또한 하루가 다르게 달라지는 라이프 스타일과 이동형태, 그리고 보다 다양해지고 있는 사용자들의 요구에 따른 이러한 상황 속에서 여러 경쟁력을 갖추어 세계시장으로 진출을 꾀할 수 있는 한가지 대안으로는 새로운 컨셉트를 지닌 차량의 개발을 들 수 있을 것이다.

5.1. 삼륜 차량의 디자인 컨셉트

삼륜 스쿠터를 연구하게된 가장 큰 동기는 기존의 이륜 스쿠터의 단점들을 보완하면서 안전을 최우선 시 하려는 이유 때문이었다. 현재의 이륜은 정지 상태에서 균형을 유지하기 위해 한쪽의 발로 지면에 서 있는 상태로 있어야만 한다는 단점이 있고, 또한 노면에 물이라던가 다른 오물이 있더라도 정지의 방법은 같다. 이러한 문제를 삼륜 스쿠터로서 해결이 가능하도록 하였다. 정지 상태에서도 양발은 스텝 플레이트에 올려놓아도 차체가 균형을 잃거나 넘어지지 않도록 안전성과 편리성을 부각시키고자 하였다. 주행중의 킬링 시스템 반응으로 원심력에 의한 전복 가능성을 최소화하였으며, 노면의 요철과 경사 도로 상황에서도 균형을 유지하는 서스펜션의 역할이 안전 주행이라는 것을 가능하도록 하였다.

5.2. Target User

앞서 언급한 삼륜 스쿠터의 컨셉트에 의한 사용자층은 다음과 같다.

첫 번째로 주거지 주변에서 배달 업에 종사하는 사람들을 대상으로 하고 있다.

두 번째는 기존의 스쿠터를 사용하기에 불편함을 느끼는 여성층을 상대로 안전성이 강조 된 스쿠터로 그 불편함을 해소하고자 한다.

세 번째로는 노인 층을 들 수 있다.

네 번째로는 개성 표현을 과감하게 소화하는 젊은 층을 상대로 사용자층을 확대하려하였다.

위에서 분류한 사용자층에게 공감을 갖는 디자인과 메커니즘으로 삼륜 스쿠터의 타당성을 피력하였다.

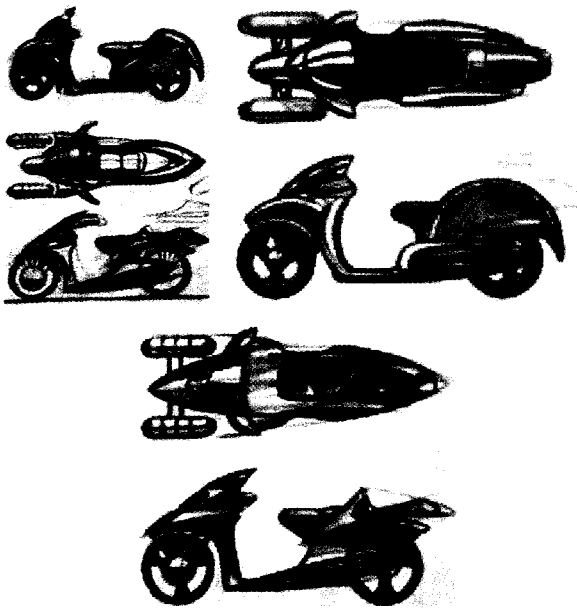
5.3. 제원

현재 시중에서 판매 되고있는 이륜 스쿠터의 제원을 비교하여 삼륜 스쿠터의 제원을 만들게 되었다. 제원의 기본 요구 사항은 <표. 1>에서 언급 한 바 있다. 사이즈는 이륜에 비해 크게 다른 점은 없지만 특별한 항목은 전륜의 축간 거리에 있다.

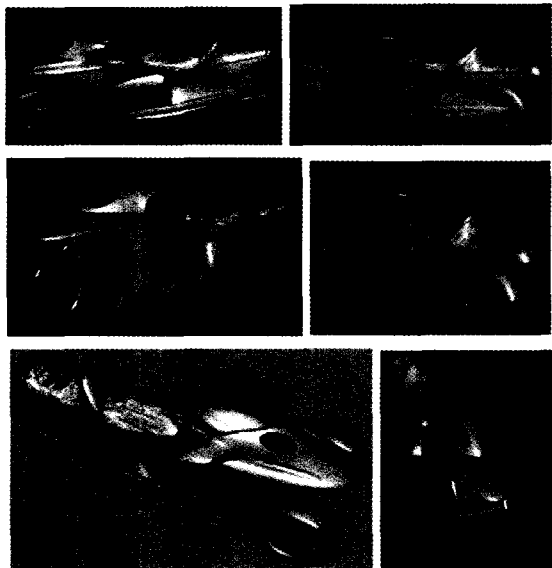
- . 전장 . 전폭 . 전고 : 1790 . 700 . 1130 (mm)
- . 전륜 축간 거리 : 680(mm)
- . 축간 거리 : 1260(mm)
- . 최대 톨트 각도 : 좌. 우 약 20 ~ 35도
- . 시트 높이 : 770(mm)
- . 탑승 인원 : 2인

5.4. 디자인 제안

경사선회시스템을 적용한 새시 설계 데이터를 근거로 다음과 같은 몇 가지 삼륜 차량의 모델을 제안하여 그 중의 한 모델을 3D로 표현하였다. 디자인 과정에서 설계와 디자인의 데이터를 상호 교환하며, 부품의 간섭 관계를 최소화하는 방법으로 모델링이 진행되었다.



<그림. 25> 삼륜 차량의 새시를 근거로 한 아이디어 스케치



<그림. 26> 삼륜 차량 새시를 기본으로 한 3D 모델링

앞에서 제안한 디자인 안은 삼륜 차량의 대한 최종제안으로 보기는 어려우며 앞으로 더욱 더 삼륜 차량 연구에 대한 지속적인 관심과 향후 개발이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- Uwe Neerpasch, Peter Klander, Dieter Braun, "A Concept Car with Active Chassis Components", 7. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, Oct. 1998
- Joop P. Pauwelussen, "The Dynamic Behaviour of Man-Wide Vehicles with an Automatic Active Tilting Mechanism", European Auto. Cong. in Barcelona 1999
- C. R. van der Brink, "Realization of High Performance Man Wide Vehicles with an Automatic Active Tilting Mechanism", European Auto. Cong. in Barcelona 1999
- B. Klein, "Konstruktive Prinzipien des Leichtbaus", im Vieweg-Verlag 1988
- E.J.H. de Vries, H.B. Pacejka, "Motorcycle Tyre Measurements and Models", Delft University of Technology, The Netherlands
- Henning Wallentowitz, "Durchfuehrung von Fahrversuchen mit einem Fahrerprobungstraeger mit teilaktivem Fahrwerk", 7. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, Sept. 1999
- Sanggyun So, Dean Kamopp, "Active Dual Mode Tilt Control for Narrow Ground Vehicles", Vehicle System Dynamics, 27. 1997 pp. 19-36