

한국타이어 차량동역학 연구

Vehicle Dynamics Research in Hankook Tire Co., Ltd.

김 성 호 / Seongho Kim
한국타이어 선임연구원 / Hankook Tire Co., Ltd.

김 광 현 / Gwanghun Gim
한국타이어 선임연구원 / Hankook Tire Co., Ltd.

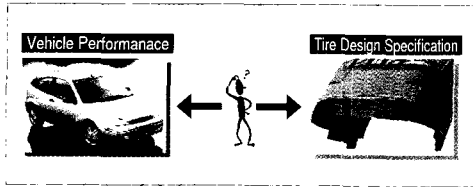
한국타이어 동역학연구팀은 약 10여년전 처음 독립 부서로 만들어져 현재 실차 시험 전문 드라이버들을 포함해서 연구인력만 약 20여명 되는 연구팀으로 발전했다. 동역학연구팀에서 수행되고 있는 업무는 성능 별로 크게 스티어링, 조종안정성, 제동, 승차감 등으로 나눌 수 있으나 이번 기회에는 주로 조종안정성에 대한 연구 활동에 대해 소개하고자 한다.

서론

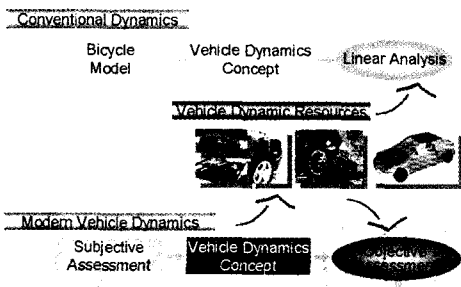
조종안정성이나 승차감 등과 같은 타이어의 성능들의 경우, 타이어 자체만의 성능으로 평가되는 것이 아니라 차량에 취부되었을 때 그 차량의 성능으로 평가된다. 한국타이어 동역학 연구팀의 궁극적인 목표는 이러한 차량의 성능을 예측 및 평가하고 좋은 성능을 내기위한 타이어 설계 방향을 제시하는 데에 있다 (그림 1). 차량의 성능을 분석하는 데 이미 오래 전부터

많은 사람들이 차량동역학을 이용하여 왔다. 하지만 현재까지 차량의 성능을 확실하게 예측하여 주는 연구 결과가 나오지 못하고 있는 실정이다. 여기에 대한 가장 큰 이유는 자동차의 많은 성능들이 어떤 수치로서 나오는 값이 아닌 전문적인 운전자들의 주관적인 감각으로 평가되어지는데, 이러한 인간의 감각을 객관적인 양으로 표현하는 것이 매우 어렵고 또한 여기에 대한 연구가 부족하다는데 있다. 여기에는 또한 대부분의 차량동역학 연구가 차량에 대한 해석적인 모델을 개발하는 것을 시작으로, 그 개발된 모델을 이용하여 자동차의 특정 성능을 예측하는 방향으로 연구가 진행되어져 왔으나, 이러한 해석적인 모델들의 경우 실제 차량의 특성을 정확하게 나타내기에는 무시할 수 없을 정도의 오차를 가지고 있다는 문제가 있다.

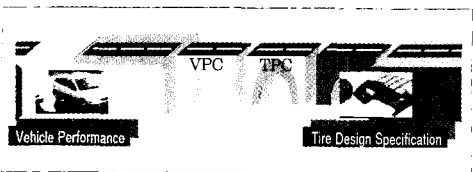
차량동역학 연구의 이러한 문제점을 보완하고 보다 실질적으로 차량의 성능을 예측하기 위해서 본 연구팀에서는 실제 운전자의 주관적 평가로부터 출발하는 새



〈그림 1〉타이어 개발에 있어서 차량동역학의 목표



〈그림 2〉한국타이어 차량동역학 연구 방향



〈그림 3〉단계별 분석 시스템

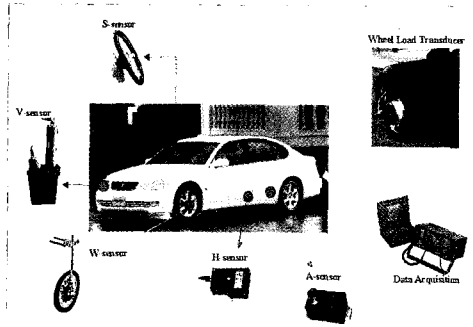
로운 관점의 차량동역학 연구를 진행해오고 있다. 〈그림 2〉에서 보이는 바와 같이 지금까지의 대부분의 차량동역학 연구가 특정 모델을 기반으로 차량동역학 개념을 적용하여 차량의 운동 특성을 해석하려고 하는데 반해 당 팀에서의 연구는 운전자의 주관적 평가를 차량동역학 개념을 적용하여 수학적 혹은 객관적인 양으로 표현하고 이것을 여러가지 차량동역학 도구들을 이용하여 해석하거나 예측하는 방향으로 진행되어지고 있다. 따라서 운전자의 평가에 보다 충실한 실질적인 결과들을 도출하는데 중점을 맞추고 있다.

하지만 수많은 부품으로 이루어져있는 자동차와 비선형 복합재료로 이루어져 있는 타이어의 성능 관계를 직접 연구하는 것은 거의 불가능한 일이다. 따라서 본

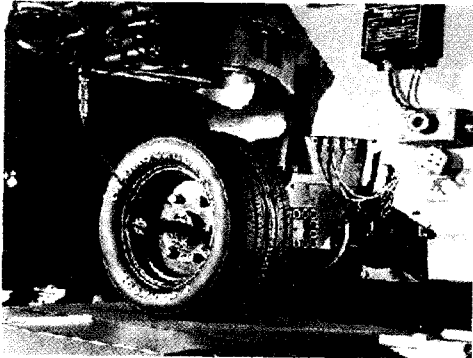
연구팀에서는 차량의 성능과 타이어 설계를 세가지 단계로 나누어 단계별 분석 시스템을 구축하였다. 이들 각각의 세가지 단계를 〈그림 3〉에 보이는 것과 같이 VPC (Vehicle Performance Characterization), TPC (Tire Performance Characterization), TDC (Tire Design Characterization)로 나누어 VPC에서는 운전자의 주관적 평가를 객관적인 차량의 운동 특성으로 나타내는 연구를 TPC에서는 이렇게 얻어진 차량의 운동 특성과 타이어 자체의 특성과의 관계를 마지막으로 TDC에서는 타이어 자체의 특성을 구현하기 위한 실질적인 타이어 설계 방향을 연구하고 있다.

평가

차량 혹은 타이어의 성능을 평가하는 방법으로 본 연구팀에서는 크게 세가지 즉, 실차 테스트, 실내 테스트 그리고 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 가상 시험을 이용하고 있다. 실차 테스트는 전문 드라이버가 직접 차량을 운전하면서 차량의 성능을 주관적으로 평가하는 방법과 차량 자체에 여러 가지 센서를 붙여서 시험하는 객관적 평가 방법을 이용하고 있다(그림 4). 이러한 평가는 특별한 운전 능력이 필요하기 때문에 전문적인 드라이버들에 의해 수행되고 있으며, 매년 해외 연수를 통하여 운전 능력을 보다 발전시키고 객관화하는 작업을 하고있다. 타이어 실내시험은 보고자 하는 성능에 따라 여러 가지 시험들이 있지만 차량의 조종안정성에 대해서는 타이어에 걸리는 힘과 모멘트를 계측하는 시험이 가장 중요한 시험 중의 하나이다. 본 연구팀에서는 Flat Trac III를 이용하여 차량 주행 중에 타이어에 걸리는 힘과 모멘트를 측정하고 있다(그림 5). Flat Trac III는 세계적으로도 몇 대 없는 고가의 장비로 국내에서는 한국타이어에서 유일하게 보유하고 있다. 기존의 시험 장비들의 경우 커다란 원통형 드럼에 타이어를 굴리는 방식으로 계측을 하기



〈그림 4〉 차량 실차 계측 장비

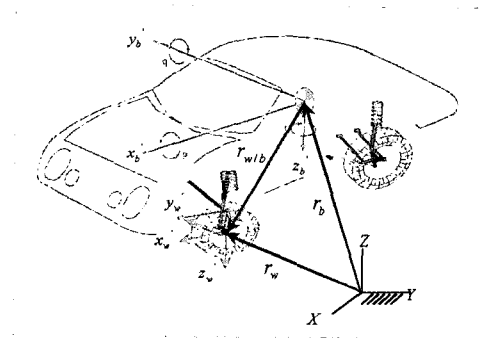


〈그림 5〉 Flat Trac 시험기

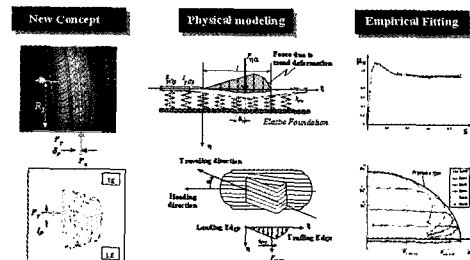
때문에 실제 노면에는 존재하지 않는 드럼의 곡률에 의한 데이터의 왜곡이 생기는 반면, Flat Trac III의 경우 타이어가 평면에 접촉하도록 고안되어 있어서 실제 노면과 같은 조건에서 시험할 수 있는 장점이 있다. 또한 운전 조건에 있어서도 기존의 시험기의 경우 실제 주행시 발생되는 고속 주행이나 가속한 운전 조건이 구현되지 않는 반면 Flat Trac III의 경우 실제 차량의 주행시 나타나는 모든 조건을 구현할 수 있다는 장점이 있다.

실차 및 실내 시험 이외에 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 가상 시험 역시 활발히 연구되어지고 있다. 가상 시뮬레이션을 하기 위해서는 세가지 모델이 필요하다. 우선 차량의 특성을 나타내어주는 차량 모델이 필요하고, 타이어의 힘과 모멘트를 계산하여 주는 타이어 모

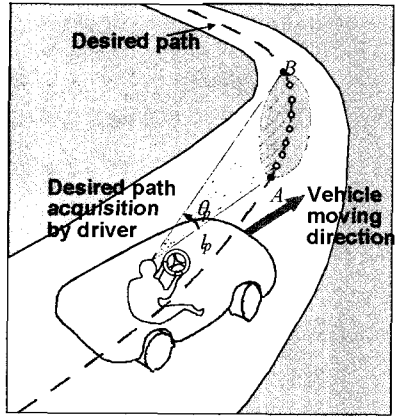
델, 그리고 실제 운전자가 가해주는 것과 같은 Steering 입력을 가해주는 운전자 모델이 필요하다. 차량 모델의 경우 ADAMS와 같은 상용 프로그램을 이용할 수 있으나, ADAMS에 들어가는 데이터를 얻기 힘들다는 단점이 있다. 따라서 본 연구팀에서는 차량의 현가 장치 특성을 이용한 Semi-physical 차량 모델을 개발하였다(그림 6). 이 모델은 ADAMS와 같은 복잡한 데이터가 필요 없이 현가 장치 특성 및 기타 기본적인 차량 데이터만 가지고 ADAMS와 거의 동일한 수준의 결과를 얻을 수 있는 장점이 있다. 타이어 모델의 경우 현재 Magic Formula를 기반으로 하는 타이어 모델이 가장 많이 사용되고 있으나 당사와 같은 타이어 전문 업체에서 사용하기에는 타이어의 변형이나 구조와 같은 물리적인 현상에 대한 정보가 부족하기 때문에 보다 정확하고 타이어 자체의 물리적 특성을 잘 나타낼 수 있는 모델을 개발하였다(그림 7).



〈그림 6〉 Semi-physical 차량 모델



〈그림 7〉 당사 조정 안정성용 타이어 모델의 개념도



〈그림 8〉 당사 운전자 모델의 개념도

또한 운전자 모델의 경우도 실제 운전자가 운전하는 방법을 분석하여 실제 운전자가 운전할 때 행하는 주요 특징인 운전자 행위로 부터 운전자 매개변수를 추출하여 가능한 한 실제 운전에서 나타나는 입력에 가까운 운전자 모델을 개발하였다. 〈그림 8〉

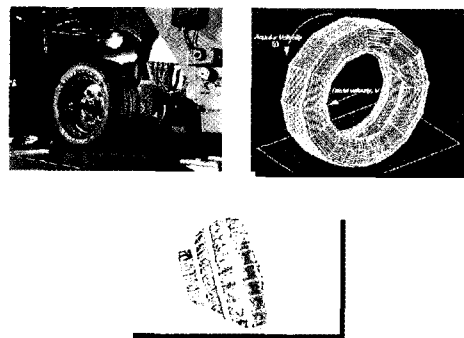
VPC (Vehicle Performance Characterization)

VPC는 차량 및 타이어가 조합된 상태에서 차량의 성능을 분석하는 도구이다. 조종 안정성의 경우 차량의 특성이 운전자의 주관적 평가에 의해 이루어지기 때문에 VPC의 가장 중요한 목표는 운전자의 주관적 평가를 가장 잘 나타낼 수 있는 수학적 표현 방법을 이끌어 내는 데 있다. 이를 위하여 우선 운전자의 주관적 평가 항목들을 각 특성에 맞게 분류하고, 또한 운전자들이 각각의 항목을 평가하기 위해 어떠한 방법으로 테스트하는 지에 대한 평가 방법을 분류하고, 이들 평가 항목과 평가 방법에 대한 매트릭스를 구성하였다. 여기에 따라 각 평가 항목별 실차 계측 방법을 결정하고 차량 동역학 개념을 적용하여 운전자들이 느끼는 감각을 계측을 통해 얻은 값을 이용하여 표현하는 연구 수행 중이다. 운전자들이 느끼는 감각은 차량의

특성에 따라 혹은 운전자에 따라서도 바뀌기 때문에 이러한 종류의 연구는 매우 많은 시간과 노력이 드는 연구이다. 운전자의 주관적 평가를 객관적인 수치들로 표현하게 되면 이것을 타이어의 특성을 이용하여 차량의 성능을 예측할 수 있게 된다. 여기에는 ADAMS 혹은 Semi-physical Vehicle Model을 이용하거나 간단한 차량 모델들을 이용하여 차량의 성능을 예측하게 된다.

TPC (Tire Performance Characterization)

〈그림 9〉은 TPC에서 이용되는 주된 데이터를 나타낸 것인데, Flat Trac III 또는 실차 시험 장비를 이용하여 타이어의 힘과 모멘트와 같은 데이터를 추출하고 이를 분석하여 조종안정성, 스티어링, 그리고 구제동 성능 연구에 사용하고 있다. 현재 TPC에서는 Flat Trac III, FEA, 동접지압 데이터 그리고 실차 계측으로부터 나온 타이어 특성 데이터들을 주로 분석하고 있다. Flat Trac III에서는 운전 중 타이어에서 발생하는 힘과 모멘트를 계측하여 이들 힘과 모멘트가 타이어 및 차량의 성능에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하고 있다. 또한 타이어의 동접지압은 타이어에 하중과 Slip Angle 그리고 Camber Angle이 작용하는 조건에서



〈그림 9〉 TPC 데이터

타이어의 접지 형상 및 접지압 분포를 분석하는 도구이다. 이러한 결과들을 또한 FEA를 이용하여 시험하고 실제 시험에서 얻을 수 없는 내부의 응력 분포 등을 연구할 수 있다. 또한 Wheel Force Transducer와 같은 실차 시험 장비 등을 이용하여 실제 주행 중에 일어나는 타이어의 특성 분석을 수행할 수 있다.

TDC (Tire Performance Characterization)

타이어 회사에서의 궁극적인 목표는 좋은 성능을 가지는 타이어를 만들어 내는 일이기 때문에 본 연구팀에서는 VPC와 TPC를 통하여 바람직한 타이어 성능 방향을 결정하고 이러한 특성을 구현하기 위해 TDC를 통하여 실제적인 설계 방법을 연구하고 있다. 이를 위하여 타이어 성능 인자들을 분류하고 이들과 타이어 설계 인자와의 상관 관계를 분석하는 연구를 하고 있다. 또한 앞서 소개된 바와 같이 자체적으로 개발된 타이어 모델을 이용하여 타이어의 힘과 모멘트에 관련된 성능 인자들을 타이어 모델과 연결시켜 향후 타이어의 설계 방법이 주어졌을 경우 타이어에서 발생하는 힘과 모멘트를 예측할 수 있는 Virtual Tire로 발전시킬 수 있도록 하였다.

VDAS (Vehicle Dynamics Analysis System)

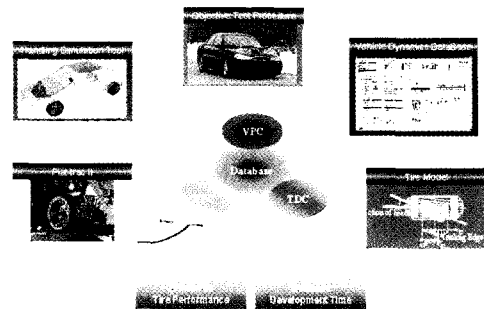
VDAS는 차량성능을 예측하기 위한 시험 및 평가 시스템, 분석 시스템, 그리고 이들을 데이터베이스로 연결하여 놓은 한국타이어 차량동역학 통합 분석 시스템이다 <그림 10>. 이 시스템은 차량 및 타이어 평가 시스템들로부터 시험 데이터들을 얻고 있으며, 이들 시험 데이터를 입력으로 하여 VPC-TPC-TDC에 이르는 분석 도구들을 이용하여 차량 및 타이어의 특성을 밝혀내고 여기에 맞는 타이어를 설계하기 위한 설계 방향을 제시하고 있다. 또한 각각의 시험 데이터 후

은 분석 시스템에서 나오는 결과들을 데이터베이스로 엮어서 설계자들이 쉽게 검색 혹은 분석할 수 있도록 설계되었다.

VDAS의 중심에는 VDAP (Vehicle Dynamics Analysis Program)이라는 통합 환경 프로그램이 있어서, 이 프로그램 내부에 각각의 분석 도구들이 내장되어 있고, 이들 분석 도구들이 데이터베이스를 통하여 시험 데이터들과 연결되고 있다. 따라서 사용자들은 일관된 사용자 환경을 통하여 타이어 개발을 위한 일련의 모든 분석 업무를 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

결론

세계적인 업체들의 차량 동역학 연구팀의 역사나 연구 인력과 비교해 보면 아직도 많은 것이 부족한 것이 사실이다. 하지만 한국타이어만의 특별한 접근 방법과 아낌없는 지원으로 이제 몇몇 분야에서는 이미 세계적인 수준으로 올라서있다고 자부할 수 있다. 지금까지 소개된 한국타이어만의 독특하고 실질적인 차량동역학 연구가 우리나라의 차량동역학 연구에 이바지할 뿐만 아니라 향후 세계적으로 차량 동역학 연구를 선도할 수 있기를 기대해 본다.



<그림 10> Vehicle Dynamics Analysis System

(김성호 선임연구원 : seongho@hanta.co.kr)