

타이어의 물리학적 힘

기술 부

자동차를 멈추기 위해서는 연료를 쏟아버린다면 모를까 타이어가 발생시키는 제동력 없이는 불가능하다.

타이어의 코너링 포오스(cornering forces) 없이는 자동차의 핸들조작도 할 수 없다. 사실 가드레일을 운전하는데 있어 한 방편으로 생각한다면 가능하기야 하겠지만 있을 수 없는 일일 것이다.

여기서 말하고 싶은 것은, 실질적으로 타이어가 발생시키는 필수적인 물리적 힘 없이는 자동차는 적절하게 제동, 코너링 그리고 구동할 수 없다는 것이다.

한 GM 기술자가 몇 년 전에 “자동차에서 타이어는 가장 복잡하고 과학적인 도구이다.”라고 말한 적이 있다.

자동차를 움직이게 하려면 뭔가가 노면을 밀거나 당겨야 한다. 모든 경우에 있어 그 해답은 한결같이 타이어이다.

자동차제조사들 마다 그들의 자동차가 산뜻한 핸들링, 탁월한 가속력 그리고 효과적인 제동능력을 가지고 있다고 광고하고 있지만, 타이어를 떠나서 자동차만으로는 코너링 포오스, 제동력, 구동력을 발생시킬 수 없다. 다시 말해서 이러한 기본적인 힘의 발생을 위해서 타이어의 능력은 필수적이다.

바로 이것이 자동차 기술자들이 타이어의 특성을 계산에 넣지 않고서는 서스펜션

(Suspension : 자동차등의 완충장치 버팀대) 시스템을 개발할 수 없는 이유이다.

건조한 도로에서 마찰을 발생시키는 물리적 현상은 진흙탕이나 모래에서 일어나는 마찰 현상과는 다르다. 그리고 젖어 있는 도로 위에서 방향전환을 해가며 무리 없이 운전하기 위해 필요한 힘은 마른 도로 위에서 구동을 위해 필요한 힘과는 다르게 발생된다.

결국, 타이어는 노면과 접촉하는 유일한 부분이며 이러한 이유로 타이어는 자동차가 최대성능을 발휘하기 위해 꼭 필요한 힘을 발생시킬 수 있는 유일한 부분이다.

자동차 기술자들은 자동차 성능을 향상시키기 위해서, 때로는 자동차의 결함을 감추기 위해서 수년간 타이어를 다루어 왔다.

미끄럼방지 제동시스템(Anti-lock brake system)은 그 대표적인 예인데, 이 시스템은 어떤 사람이 운전하던지 간에 그리고 어떤 경우에서도 자동차가 타이어의 최대 마찰력에 도달하도록 한다. ABS가 제공하는 이러한 이점은, 회전하는 타이어는 거의 항상 미끄러지는 타이어보다 더 많은 제동력을 발생시킨다는 물리적 법칙에 기초한다.

주안점은 타이어가 이 모든 작용에 관여한다는 것인데, 좀더 명확히 말하자면 타이어는 미끄러짐으로서 그러한 힘을 발생시킨

다. 어느 정도까지 타이어가 많이 미끄러지면 미끄러질수록 타이어가 발생시키는 힘은 커진다. 그러나 이러한 한계를 넘어서면 타이어는 실제적으로 급격히 그 힘이 소멸되는 시점에 다다른다.

달리 말하면, 타이어가 도로에서 미끄러지지 않을 때 타이어는 “자유회전(free rolling)” 되고 있고 “0%의 미끄러짐”을 보이고 있다라고 한다. 0% 미끄러짐의 상태에선 어떤 제동력도 없다. 한편 스펙트럼의 다른 끝에 있는, 회전을 멈추고 완전히 제동 걸린 타이어는 100% 미끄러짐의 상태에 있게 된다.

좀더 명확히 하기 위해 부연하면, 각각의 경우에 대해서 최적의 미끄러짐이 있다는 것이다. 이러한 모든 물리적 힘의 밸런스를 유지하는 것은 자동차와 타이어 기술자들의 일이다. 자동차의 넓은 레인지와 타이어 공급, 거기다가 노면과 기후 조건까지 감안하면 그 일은 결코 쉽지 않은 일일 것이다.

이러한 것은 자동차 특성과 운전자의 운전습관의 변수를 감안하면 모두 물리적 법칙에 부합하는 것이다. 궁극적으로 무엇이 일어나는 지를 이해하고 적절하게 반응하는 것은 운전자의 몫이며, 이 부분이 잘못될 수 있는 여지를 가진다.

매일같이 운전자가 최고의 제동력으로 타이어가 미끄러지도록 하는 것은 아니기 때문에 자동차 제조사들은 핸드링을 최대화하고 타이어 마모를 감소시키기 위해 ABS와 마찰통제시스템(traction control system)을 개발했는데, 이는 운전자가 가드레일과의 거리를 유지시키는데 도움을 준다.

전통적으로, 타이어의 끼익 하는 소리가 운전자가 미끄러짐을 감지할 수 있는 최초

신호다. 모든 경우에서, 타이어의 코너링 포오스의 한계를 아는 것은 안전 운행을 위해 필수적이다. 다행히도 ABS와 마찰 통제 시스템을 장착한 타이어는 운전자가 어떤 어려움에서 벗어나는데 큰 도움을 줄 수 있다.

ABS의 가장 큰 이점은, 심지어 당혹스러울 만큼 갑작스런 제동시에도 타이어가 굴러가도록 하는 능력이다. ABS는 브레이크가 잠기지 않도록 기능을 하여 보통 운전자를 위한 더 높은 수준의 제동력을 제공하는 것이다.

더 중요한 것은, ABS가 갑작스런 제동시에도 운전자가 자동차를 조정하고 통제할 수 있도록 해준다는 점이다. ABS는 물리적 법칙을 거스리지 않는다. 얼음은 여전히 얼음인 것이다. ABS의 묘미는 타이어가 가진 최대 효율 정도의 수준으로 타이어가 작동하도록 한다는 점인데, 물론 이러한 효율성의 최고점은 노면이 극도로 미끄러울 때는 감소한다.

기본 물리학에 의하면 하나의 타이어는 어떠한 방향에서 단지 일정한 양의 힘을 발생시킬 수 있다. 운전자가 제동을 함에 있어 모든 타이어의 가능한 힘을 다 써버리면 코너링을 위해 남아 있는 힘은 없어진다. 이것이 미끄러지는 타이어가 어떠한 코너링 포오스를 발생시키지 못하는 이유이다.

ABS는 브레이크가 잠기지 않도록 브레이크를 돌리기 때문에 비록 그 힘의 세기가 감소된 수준이긴 하지만, 운전자는 제동이나 코너링에서의 힘을 모두 얻을 수 있다.

ABS를 장착한 최대 제동시에서도 작동되는 타이어는 대부분의 경우에서 보통 운전자를 위해 가장 짧은 제동거리를 제공할 수 있을 것이다. 이것이 대부분의 고객들이

ABS가 아마도 제동거리를 단축시키기 위해 고안된 유일한 것이라고 믿는 이유일 것이다. 이외에도 ABS는 픽업트럭의 차체 화물칸이 완전히 차있거나 부분적으로 실려있거나 아니면 비워있을 때 흔히 일어나는 차량 하중 변화를 보완할 수 있다.

짐이 실려 있지 않은 픽업 트럭은 후륜 타이어에 거의 하중이 실리지 않는데, 이것은 뒷부분에 제동 능력이 거의 없다는 것을 의미한다. 이를 보완하기 위해 앞 브레이크가 뒷 브레이크보다 많은 압력을 받도록 브레이크 바이어스를 조정한다.

뒤 화물칸이 모래로 가득 채워져 있다면 뒷부분에 많은 하중이 실리기 때문에 후륜 타이어에 더 많은 제동력이 발생될 수 있다. 그러나, 브레이크 시스템은 더 많은 제동력을 전륜 타이어에 보내도록 설계되어 있다는 것을 기억해야 한다.

이는 뒤쪽이 최고 제동력에 가까운 정도로 제동이 걸려있어서 전륜 타이어가 높은 제동시 잠김을 유발시킬 수 있다. 그러나, 자동차 제조사가 브레이크 바이어스를 하중 조건에 따라 맞췄다면 높은 제동시 후륜 타이어가 잠겼을 것이다. 이럴 때 자동차가 고속으로 커브를 돌 때 도로에서 튀어 나가게 된다.

ABS는 각각의 휠을 각각 조정하기 때문에 하중에 따라서 앞, 뒤 제동능력에 있어서의 변화를 보완할 수 있어서 이러한 스핀아웃(Spin out) 현상을 방지해 준다.

한편, 마찰통제시스템은 ABS와 반대이다. 제동시에서의 휠 잠김을 탐지하기 위해 ABS가 필요로 하는 센서는 마찰통제시스템에서는 가속하에서의 휠 스핀을 탐지하기 위해 사용된다.

잠긴 휠이 어떤 제동력도 발생시키지 않는 것과 같이 스핀 휠은 거의 가속이나 코너링 포오스를 발생시키지 않고 통제력의 손실을 일으킬 수 있다.

과도한 휠 스핀은 마찰통제 시스템을 활성화시킨다. 이것은 휠 스핀을 줄이기 위해 그리고 타이어가 높은 수준의 마찰력(또는 가속력)을 발생시키도록 하기 위해 브레이크를 조정하거나 엔진 파워를 감소시킨다.

ABS와 마찰 통제 시스템으로 고객들은 눈길이나 빗길 그리고 빙판을 운전하면서 대단히 향상된 운행을 경험 할 수 있게 되었다.

한편, 타이어 기술은 ABS와 마찰통제 시스템을 적용하기 위해선 한발 더 앞서 나가야 했다. 오늘날의 타이어 트레드는 겨울의 낮은 기온에서 코너링 포오스, 제동력 그리고 가속력을 제공하기에 충분히 유동적이고, 여름의 뜨거운 날씨에 충분히 견딜 만큼 내구성이 있다. 게다가, 트레드는 코너링, 브레이킹 그리고 가속동안 트레드 패턴이 주는 힘을 감당할 만큼 충분히 강하다.

컴퓨터를 이용한 디자인 구성 덕분에, 오늘날의 자동차에 요구되는 훨씬 더 높은 수준의 힘이 발생하도록 완전한 타이어 구조가 다시 설계되었다.

향상된 핸들링, 더 짧은 제동거리 그리고 기후조건에 영향을 받지 않는 향상된 컨트롤에 역점을 두어 타이어가 발전된다면, 운전하는 것은 하나의 즐거움으로 변모될 것이며, 당신의 고객들이 타이어 없이는 진정 어디에도 갈 수 없음을 인식시켜야 할 것이다.

〈자료 : 미국 「Tire Review」 2003년 7월호〉