

## 과학이론과 사고해석(1) 뉴턴의 관성 법칙 / 박승범

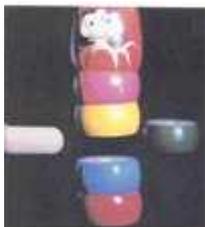
저자 : 박승범

- 한양대학교 대학원 물리학과 박사과정 수료
- 도로교통안전관리공단 사고조사부 근무
- 미국 노스웨스턴대학교 교통연구소 단기연수
- 경원대학교, 한양여대 등 강사
- 교통사고분석사(교통안전공단) 강사
- 도로교통사고감정사(도로교통안전관리공단) 강사
- PNS 손해사정(주) 및 법과학기술연구소 대표

### 뉴턴의 제1법칙(관성의 법칙)

정지하고 있는 물체는 외부에서 아무런 힘이 작용하지 않는 한 그대로 정지해 있고, 운동하고 있는 물체는 처음 속도로 등속 직선 운동을 계속한다.

### 1. 관성이란?



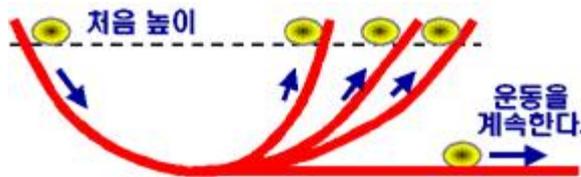
물체에 외부로부터 아무런 힘이 작용하지 않으면, 물체는 현재의 운동 상태를 그대로 유지한다. 즉, 정지해 있던 물체는 영원히 정지해 있고, 운동하던 물체는 등속도운동을 한다. 이처럼 물체가 운동상태를 그대로 유지하려는 성질을 관성이라 하고 물체가 관성을 갖고 있다는 것을 밝힌 것이 관성의 법칙이다.

관성의 법칙을 먼저 발견한 사람은 이탈리아의 과학자 갈릴레오 갈릴레이(1564~1642)이다. 아파트 20층 옥상에서 1kg 짜리의 쇠팅치와 1g의 바늘을 동시에 떨어뜨리면 어떤 것이 먼저 땅에 떨어질까? 아마도 많은 사람들이 이 문제에 대해 1000배나 무거운 쇠팅치가 훨씬 빨리 땅에 떨어질 것이라고 생각할 것이다.

이러한 물음은 지금으로부터 2000년 이전에도 있었다. 그리스 시대의 아리스토텔레스(384~322 B.C)는 낙하운동의 경우 물체는 무게에 비례하는 속도로 떨어지므로 무거운 물체일수록 더 빨리 떨어진다고 생각하였다. 실험적으로 검증할 수 없었던 당시로서는 운동에 대한 아리스토텔레스

의 생각이 진실로 받아들여졌고 이에 대한 의문이 제기된 것은 2000년이 지난 갈릴레이였다.

갈릴레이는 금속공이 빗면을 굴러 내릴 때는 공의 속력이 시간에 따라 일정한 비율로 증가하고, 빗면을 따라 올라갈 때는 속력이 일정하게 감소한다는 사실을 알고서는 그림과 같이 마찰이 없는 수평면을 굴러 갈 때는 일정한 속력으로 운동한다고 하였다.



[그림] 갈릴레이 사고 실험

갈릴레이 이후 뉴턴은 물체의 운동에 관한 사항들을 종합적으로 체계화시켜 3가지 운동법칙을 발표하였다.

## 2. 생활 속의 관성

우리의 일상 생활에서 관성의 성질이 나타나는 예는 상당히 많다. 또한 관성의 성질을 적절하게 이용하면 어려운 문제가 쉽게 해결되는 경우도 많다. 우리가 흔히 경험하는 현상 가운데 관성의 성질이 가장 분명하게 드러나는 경우는 버스나 기차의 급정차 또는 급출발 할 때 서있는 사람의 운동 현상이다. 예를 들어 버스에 서있는 사람을 생각해 보자. 버스와 사람이 균형을 이룰 수 있는 것은 사람의 발바닥을 통한 버스와의 접촉이 균형적으로 이루어져 있기 때문이기도 하다. 과학적으로 본다면 사람과 버스의 힘의 균형이 이루어졌을 때 안정되게 서있을 수 있다.

그림과 같이 버스의 급출발과 급정지를 생각해 보자. 버스가 정지상태이거나 정상적인 운동상태인 경우 사람과 버스는 동일한 속도인 같은 운동상태를 보이지만, 버스의 운동이 갑작스레 변하게 되면 버스안의 사람은 이를 운동에 반영하지 못하게 된다. 즉, 버스안의 탑승자가 가지고 있던 관성과 버스의 관성이 갑작스레 균형이 깨지게 되어 사람이 넘어지게 된다. 이 현상을 버스 밖에 서 있는 사람이 보면 관성에 의해 버스안의 사람은 계속 정지해 있으려 하고 버스는 엔진의 추진력으로 가속도 운동을 하려 하는데 사람과 버스와의 사이에 마찰(사람 발바닥과 버스 바닥)이 있어서 마찰력이 작용하여 넘어진 것으로 본다. 만약 마찰이 없다면 사람은 정지하여 있고 버스만 나아가서 결국 사람이 버스 뒤쪽에 부딪히는 결과를 낼 것이다.



[그림] 버스의 급제동, 급출발 현상

이외에도 일상생활 속에서 경험하는 관성의 예는 매우 많다. 대표적인 몇가지만 나열하면 아래와 같다.

- 빨래줄에 걸어놓고 쳐서 옷 등의 먼지를 털다.(군대에서 두명이 하는 모포의 먼지 털기는 먼지의 관성을 이용한 대표적인 경우이다.)
- 삼으로 흙을 퍼서 던진다.
- 옷의 터진 실밥을 딸 때 실을 갑자기 당긴다(흰 머리카락 뽑을 때 머리카락을 갑자기 당긴다).
- 달리기 선수가 결승선에서 갑자기 서기가 힘들다. 달리는 자동차가 즉시 서지 못한다 (차간 거리 유지)
- 삶은 계란은 회전이 잘 되지만 날 계란은 잘 돌아가지 않는다.
- 망치나 칼의 자루를 박을 때 자루를 밑으로 하여 바닥에 치면 박을 수 있다.
- 담배재를 털다
- 엘리베이터가 올라가기 시작할 때와 내려오다가 정지하기 시작할 때에 몸이 무거워짐을 느낀다.
- 팽이와 같이 회전하고 있는 물체는 잘 넘어지지 않는다.
- 벽돌을 쌓아 놓고 망치로 중간의 1개를 치면 1개만 빠져 나온다.
- 등속으로 달리는 전투기에서 폭탄을 투하하면서 조종사가 폭탄을 내려다 보면 폭탄은 관성으로 인하여 비행기와 같은 속력으로 계속 나아가므로 연직 하방으로 낙하는 것으로 보인다.

[참고] 자동차가 커브를 돌 때 차안의 사람은 커브 바깥쪽으로 힘을 느낀다. 이것은 모든 물체가 자신의 운동 상태를 그대로 유지하려는 관성 때문에 나타나는 것이다. 원운동하고 있는 좌표계에서 보면 물체에는 원운동의 바깥쪽으로 걸보기 힘, 즉 관성력이 작용한다. 원운동에서의 관성력을 원심력이라 한다.

### 3. 교통사고 해석에서의 관성법칙 응용

자동차로 인한 교통사고 해석에서 관성 법칙을 응용하는 예는 매우 많다. 자동차가 충돌하여 파편물이 원래의 자동차 진행방향으로 튕겨나가는 이유나, 오토바이 뒷 탑승자가 충돌사고에서 충돌직전의 오토바이 운동방향으로 멀리 튕겨나가는 이유도 관성의 법칙이 적용되기 때문이다. 일반적으로 급제동에 따른 스키드마크의 발생 원리 역시 자동차가 바로 멈추지 못하고 미끄러지기 때문인데, 이 역시 관성의 법칙이 적용되기 때문이다.

교통사고 해석에서 관성의 법칙을 응용하는데 있어 가장 유용한 것은 운전자 규명과 내부 탑승자의 상해 가능성 해석에 있을 것이다.

자동차가 다른 자동차 또는 정지한 물체와 충돌한 경우, 충돌한 물체가 무게가 많이 나가는 단단한 물체이거나 대면의 충돌 속도가 매우 클수록 충돌에 따른 관성력을 크게 받는다. 예를 들어 시속 100km/h로 달리던 자동차가 마주오던 동일속도의 자동차와 정면충돌을 했다면 내부 탑승자는 자동차의 충돌과 동시에 관성에 법칙에 따라 100km/h의 속도로 앞으로 튀어나간다. 만일 이 상황에서 운전자나 탑승자가 안전벨트를 하지 않았다면 어떻게 될까?

사고 차량을 보면 종종 차량 외부에서 충격을 가하지 않았는데도 차량 전면 유리창에 그림과 같이 거미줄 모양의 파손상태를 종종 볼 수 있다. 이런 형태는 일반적으로 내부 탑승자의 충돌시 관성에 의해 머리와 부딪쳐 발생된 흔적이다. 유리창에 부딪친 흔적의 위치와 모양 등을 가지고 탑승자의 상해부위와 비교해가며 종종 누가 운전했는가를 밝혀 내기도 한다.



운전석 옆자리에 가방 등과 같은 물건을 놓고 급제동해 본 사람들은 옆자리에 있던 물건이 앞으로 이동하는 것을 경험했을 것이다. 이러한 현상도 관성의 법칙에 따른 것이다.

관성의 법칙에 따른 작용에 있어서 또 다른 예는 추돌 등으로 추돌당한 차의 탑승자가 경추(목)와 요추(허리)부상이 발생하는 현상이다. 정지하고 있던 차가 큰 충격으로 추돌당할 경우 추돌당한 차는 추돌에 의하여 차가 앞으로 밀리면서 전방으로 가속이 된다.

추돌당한 차의 경우 탑승자의 신체는 「관성의 법칙」에 따라 원래의 위치에서 계속 정지하려고 하고, 몸체는 좌석등받이(seat back)에 의해서 순간적으로 앞을 향해 이동한다. 최근의 차량은 앞좌석에 모두 헤드레스트(head rest)가 장착되어 있고, 뒷좌석도 이와 같이 추돌 등의 사고를 대비해 어느정도 안전성이 보완되어 있지만, 만일 헤드레스트가 없거나 뒷좌석 등받이 높이가 탑승자의 목위치보다 상대적으로 낮을 경우 탑승자의 머리는 관성의 법칙에 따른 운동에 의해서 격이게 되어 충격력 정도에 따라 경추가 손상된 가능성이 높아진다.



[그림] 추돌 당한 경우 내부 탑승자의 운동현상

- ① 헤드 레스트가 없는 경우 경부가 뒤로 젖혀져 무찌우찌 운동이 발생
- ② 몸체는 일정하게 뒤로 관성력을 받아 의자에 밀착된다.