

- 차량 모터 토크 구하기

모터에 총 필요한 토크  $\sum T$ 는

(등속시 필요토크) + (가속시 필요 토크)

로 나눌 수 있다.

- 등속운동시 필요한 토크 계산

우리는 모터를 선정하기 위해 대략적인 필요

토크 값만 알면 되기 때문에 정확한 값이

필요한 것이 아니다. 따라서 용수철 저울

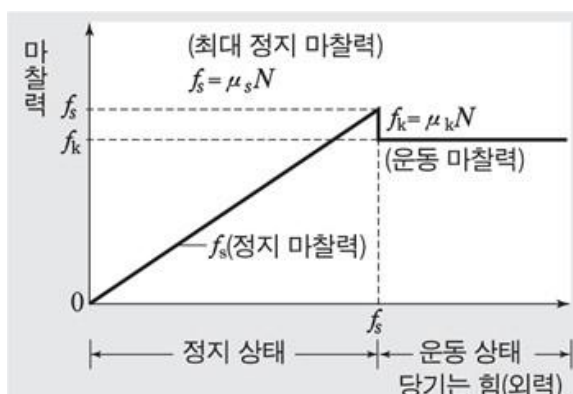
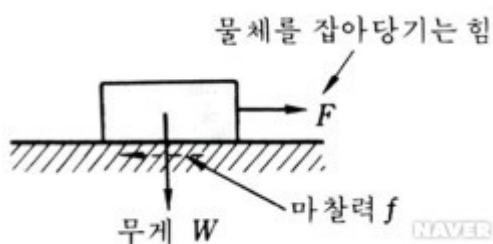
등으로 원하는 등속운동시 필요한 힘을 직접

측정하는 것이 가장 좋다.

그래도 직접 수식을 이용해서 계산을 해보고

싶다면 아래 공식들을 참고하면 된다.

(1). 물체 사이 마찰력



차량 내부에서 발생하는 마찰력은

$F = \mu N = \mu mg$  를 이용하여 구할 수 있다.

여기에 토크 공식  $T = r \times F$ 을 이용하면 토크를 구해낼 수 있다.

(2). 유체(공기) 마찰력, 항력

고체와 고체 사이의 마찰력은 위의 공식으로 구할 수 있지만 고체와 유체 사이 항력의 크기는 속도의 제곱에 비례하고 크기는 다음과 같다

$$F_d = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_d$$

$F_d = \text{항력}$ ,  $\rho = \text{유체의 밀도}$ ,

$v = \text{유체에 대한 물체의 상대 속도}$

$C_d = \text{항력 계수}$ ,  $A = \text{기준 면적}$

위의 항력 방정식은 일반적인 경우에 대한 식이고 물체의 크기가 매우 작거나 속도가 매우 느린 경우(레이놀즈 수가  $Re < 1$ )에는 스토크스의 법칙이라고 불리는 식을 적용할 수 있다. 항력 방정식과는 달리, 스토크스의 법칙에서는 항력이 속도에 비례한다.

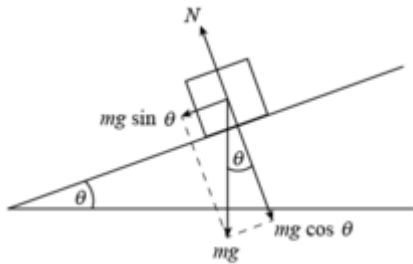
$$F_d = -bv$$

$b = \text{유체의 성질 및 물체의 크기와 관계된 상수}$

$v = \text{물체의 속도}$

따라서 유체 마찰은 속도에 비례하거나 속도의 제곱에 비례한다고만 알고있으면 된다.

### (3). 경사면에 의한 중력



경사면의 각도가  $\theta$ 일 때 중력에 의해 받는 힘의 크기는  $F = mg \cdot \sin\theta$  이다.

### (4). 그 외 여러가지 힘

차량 회전시(좌회전 혹은 우회전) 발생하는 바퀴와 지면 사이 마찰력에 의한 구심력도 존재하지만 직진하는 상황을 가정하기 때문에 무시한다.

그리고 상황에 따라 이 외에도 다른 여러 힘이 존재할 수 있다.

#### - 가속운동시 필요한 토크 계산

속도를 올리거나 줄이기 위해서는 등속 토크 뿐만 아니라 가속 토크도 필요하다.

가속 운동시 필요한 힘은

(차량을 직선 운동시키는 힘에 대한 토크)

+ (바퀴와 축 등의 회전 가속에 대한 토크)

으로 나눌 수 있다.

먼저 원하는 성능에 따라 차량의 가속도 값을 직접 정해주어야 하는데 그냥 감으로 정하면 지금 하는 토크 계산이 의미 없어질 수 있으니 실제 차량의 가속도를 기준으로 계산해 보았다.

### (1) 직선 방향으로 가속 시키는 토크 계산

슈퍼카의 경우는 정지 상태에서 100km/h의 속도로 가속되는데 3초 정도 걸린다고 한다. 일반 차량의 경우는 정지 상태에서 100km/h의 속도가 되는데 12초 정도 걸린다고 알고있다. 일반 차량 기준으로 생각해 보면

$v = 100\text{km/h}$  이고  $[\text{m/sec}]$ 단위로 변환을 하면

$$v = 100\frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000\text{m}}{1\text{km}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{sec}} = 27.78\text{m/sec}$$

이 되고 가속도를 계산해보면

$$a = \frac{27.78\text{m/s} - 0\text{m/s}}{12\text{sec}} = 2.315\text{m/s}^2$$

이라는 가속도가 계산된다.

차량의 질량  $M = 15\text{kg}$ ,

바퀴의 반지름  $r = 10\text{cm}$  이라 가정하고

토크 계산식  $T = r \times F = r \times M \cdot a$  에 대입하면

토크 값은 다음과 같다.

$$T = 0.1\text{m} \times 15\text{kg} \times 2.315\text{m/s}^2 = 3.4725\text{N}\cdot\text{m}$$

### (2) 바퀴와 축 등의 회전 가속에 대한 토크

차량 내의 회전하면서 가속되는 모든 물체 (바퀴 4개, 회전 축, 기어 등)에 대해 질량 관성 모멘트  $I$ 를 구하고 공식  $T = I \cdot \alpha$  에 대입하면 된다.

축과 기어의 회전은 생략하고 질량 관성 모멘트가 상대적으로 크다고 예상되는 바퀴 4개에 대해서만 토크를 계산해보면

바퀴의 질량  $m = 0.25\text{kg}$ ,

바퀴의 반지름  $r = 10\text{cm}$  이라 가정하고

질량 관성 모멘트  $I$ 를 구하면 바퀴의 형상은 원통형이므로  $I = \frac{m \times r^2}{2}$  식에 대입해보면

$$I = \frac{0.25\text{kg} \times (0.1\text{m})^2}{2} = 0.00125\text{kg} \cdot \text{m}^2$$

이 된다 여기에 바퀴의 개수인 4를 곱하면

$$I = 0.00125 \times 4 = 0.005\text{kg} \cdot \text{m}^2 \text{ 이 된다.}$$

각가속도  $\alpha$ 의 경우는 가속도 공식  $a = r \times \alpha$ 를 변형하여  $\alpha = \frac{a}{r}$ 로 만들어 대입하면

아까 정했던 가속도  $a = 2.315\text{m/s}^2$ 와

바퀴 반지름  $0.1\text{m}$ 를 대입하면

$\alpha = 23.15\text{rad/s}^2$  을 구할 수 있다.

지금까지 구한 질량 관성모멘트  $I$ 와

각가속도  $\alpha$ 를 토크 공식  $I = r \times \alpha$ 에 대입하면

$$T = I \times \alpha = 0.005\text{kg} \cdot \text{m}^2 \times 23.15\text{rad/s}^2$$

$$\text{토크 } T = 0.11575 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 0.11575\text{N} \cdot \text{m}$$

추가로 바퀴의 원운동의 경우 원의 중심방향의 구심 가속도가 0가 되는데 바퀴의 질량 중심이 회전 중심과 일치하기 때문에  $a = r\omega^2$ 에서 거리  $r$ 이 0이 되어 구심가속도는 0이 된다.

따라서 토크  $T = 0.11575\text{N} \cdot \text{m}$  이다

- 최종 필요 토크 계산

지금까지 구한 필요 토크들을 모두 더하면 가속 운동에 필요한 토크 값이 나온다.

(차량을 직선 운동시키는 힘에 대한 토크)

+ (바퀴와 축 등의 회전 가속에 대한 토크)

$$= 3.4725\text{N} \cdot \text{m} + 0.11575\text{N} \cdot \text{m} = 3.58825\text{N} \cdot \text{m}$$

따라서 총 가속 토크  $T = 3.58825\text{N} \cdot \text{m}$  이다.

여기에 실험으로 구한 등속운동 토크를 더하고 감속 기어의 기어비의 배수만큼 토크가 증가하기 때문에 계산된 총 토크에 기어비를 나누면 필요한 모터 토크 값이 나온다.

만약 등속 운동 토크의 실험 값이  $3\text{N} \cdot \text{m}$  이고 감속 기어비가 1 : 96 이라면

필요 토크는 감속 기어비 96을 나눈 값인

$$(3\text{N} \cdot \text{m} + 3.58825\text{N} \cdot \text{m}) / 96 = 0.0686276\text{N} \cdot \text{m} \text{가 된다.}$$

- 안전계수

우리가 계산하여 구한 모터 토크 값은 실제 필요한 모터 토크 값과 비교하여 해석의 불확실성에 의한 오차가 존재하므로 계산한 모터 토크 값에 안전 계수를 곱하여 토크에 여유를 두어야 한다. 안전계수는 불확실성이 크고 안전에 대한 요구가 클수록 큰 값을 사용해야 한다.

안전계수를 1.5를 사용한다고 가정하면

계산한 총 모터 필요 토크 값  $\times 1.5$ 를 해주면

최종적인 필요 모터 토크를 구할 수 있다.