

1.[2점] 강체(rigid-body)의 정역학(statics) :

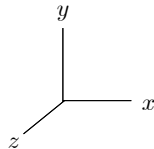
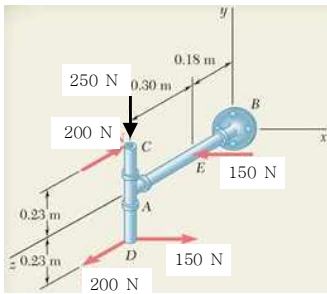
(a) 흐르는 물에서 보드를 타며 줄을 잡고 있는 사람이 쓰러지지 않기 위해서 몸의 자세를 어떻게 해야 하는지를 점에 관한 힘의 모멘트 개념을 이용하여 서술하여라.



(b) 다음 글의 ()에 적절한 영어 단어를 기입하여라.

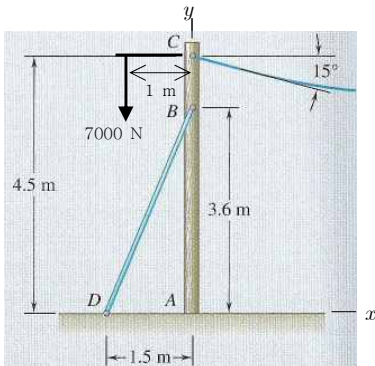
The tendency of a force to make a rigid body () about a fixed axis perpendicular to the force depends upon the () of the force from that axis, as well as upon the magnitude of the force.

2.[6점(=2+4)] 그림에 보인 구조물이 B 지점에서 xy면 벽에 고정되어 있다. (구조물의 무게는 무시함)



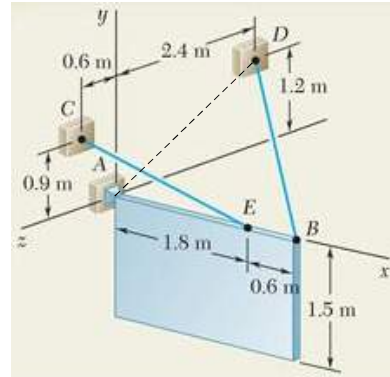
(a) 이 구조물의 자유물체도(free-body diagram)를 작성할 때, B 지점의 반력(reaction)을 xyz 좌표계에 맞추어 직각성분으로 모두 표현하여라. (위 오른쪽 그림에 작성)
(b) 이 구조물이 그림에 보인 5개의 힘을 받으며 평형 상태에 있을 때, B 지점의 반력(reaction)을 직각성분으로 각각 구하여라. (analysis)

3.[6점(=2+3+1)] A 2400 N utility pole is used to support at C the end of an electric wire. The tension in the wire is 1200 N, and the wire forms an angle of 15° with the horizontal at C. 이 기둥에 전깃줄 반대쪽으로 표지판이 매달려서 1 m 거리에서 수직으로 7000 N의 힘을 가하고, 링크(link) BD는 650 N 힘으로 기둥을 받친다. 교재의 S.M.A.R.T. 과정에 충실히 따라 A에서의 반력(reaction)을 결정하여라.



(a) 전략(strategy)과 모델링(modeling) [F.B.D. ↑]
(b) 해석(analysis) (최종 답은 직각성분으로 표현)
(c) 과정의 타당성 검토(reflect)와 결과의 의미 검토(think)

4.[6점(=1+3+2)] 표지판이 두 줄 BD 및 EC와 A 지점의 볼-소켓 조인트에 의해 지지되고 있다.



(a) 줄 EC가 점 E에 가하는 힘 T_{EC} 의 선 AD에 관한 모멘트를 구하려 할 때, 선택할 수 있는 위치벡터(position vector)를 모두 제시하여라. (그림의 치수와 좌표축 단위 벡터 $\mathbf{i}$, $\mathbf{j}$, $\mathbf{k}$ 를 사용하여 표현)

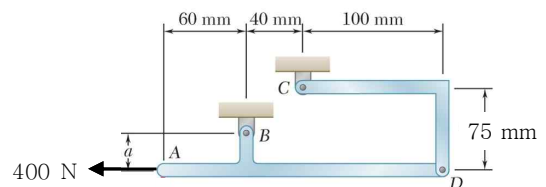
(b) 줄 EC가 점 E에 가하는 힘 T_{EC} 는 다음과 같다.

$$\mathbf{T}_{EC} = (-1200 \text{ N}) \mathbf{i} + (600 \text{ N}) \mathbf{j} + (400 \text{ N}) \mathbf{k}$$

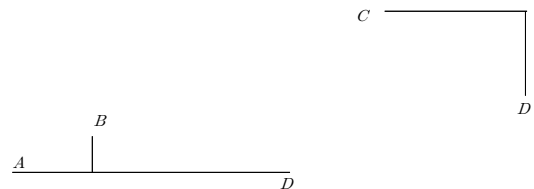
선 AD에 관한 힘 T_{EC} 의 모멘트를 해석(analysis)하여 구하여라.

(c) 선 DA와 DB가 이루는 각(angle)을 구하여라.

5.[8점] 그림과 같이 세 지점 B, C, D에서 구조물 ABD와 CD가 힌지(hinge)되어 있다. A 지점에서 수평방향으로 400 N 힘이 작용하여 평형(equilibrium) 상태에 있다. 길이 a는 35 mm이고, 구조물의 무게는 무시된다. modeling과 analysis를 하여, 구조물 ABD의 D 지점에서의 반력(reaction)을 구하여라.



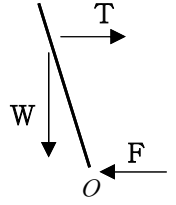
(a) modeling(자유물체도)



(b) analysis : 힘 삼각형(force triangle)과 삼각법(trigonometry)을 이용 (최종 답은 크기와 방향으로 표현)

1. (a) (수상 스키 타는 사람의 자세를 연상해 봄)

흐르는 물이 인체에 가하는 저항력 $\mathbf{F}$ 와 크기가 같고 방향이 반대인 장력 $\mathbf{T}$ 의 발 지점에 관한 모멘트를 몸무게의 모멘트가 상쇄시키도록 몸을 기울이고 다른 팔을 뻗어서 무게 $\mathbf{W}$ 의 발 지점에 관한 모멘트를 만들어 줌. 몸을 낮추어 모멘트를 줄이면 몸 기울임을 줄여도 됨.



(b) rotate, distance

- 2.

(a) 자유물체도(F.B.D.)

$$(b) m_x = (250 \text{ N})(0.48 \text{ m}) - (200 \text{ N})(0.46 \text{ m}) = 28.0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$m_y = (150 \text{ N})(0.3 \text{ m}) = 45.0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$m_z = (150 \text{ N})(0.23 \text{ m}) = 34.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

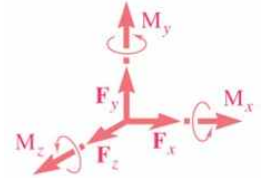
$$\Sigma F_x = F_x = 0, \quad \Sigma F_z = F_z = 0$$

$$\Sigma F_y = F_y - (250 \text{ N}) = 0 \Rightarrow F_y = 250 \text{ N}$$

$$\Sigma M_x = M_x + m_x = 0 \Rightarrow M_x = -m_x = -28.0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M_y = M_y + m_y = 0 \Rightarrow M_y = -m_y = -45.0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M_z = M_z + m_z = 0 \Rightarrow M_z = -m_z = -34.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$



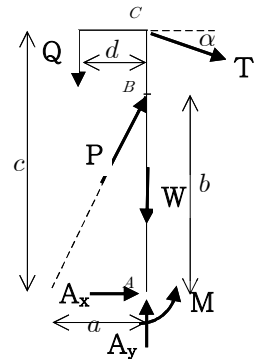
3. (a) S ; known
- $W = 2,400 \text{ N}$
- ,
- $T = 1,200 \text{ N}$
- ,
- $Q = 7,000 \text{ N}$
- ,
- $P = 650 \text{ N}$
- ,

$$d = 1 \text{ m}, \quad a = 1.5 \text{ m}, \quad b = 3.6 \text{ m},$$

$$c = 4.5 \text{ m}, \quad \alpha = 15^\circ$$

unknown A_x, A_y, M $\Rightarrow$ 방법; 2차원 평형 방정식 사용

M ; 자유물체도(F.B.D.)



$$(b) A ; P_x = \frac{5}{13}P, \quad P_y = \frac{12}{13}P$$

$$\Sigma F_x = A_x + T_x + P_x = 0$$

$$\Rightarrow A_x = -T \cos \alpha - \frac{5}{13}P$$

$$= -(1,200 \text{ N}) \cos 15^\circ - \frac{5}{13}(650 \text{ N}) = -1,409.1 \text{ N}$$

$$\Rightarrow A_x = 1,409 \text{ N} \leftarrow \text{ 또는 } 1.409 \text{ kN} \leftarrow$$

$$\Sigma F_y = A_y - W - T_y - Q + P_y = 0$$

$$\Rightarrow A_y = W + T \sin \alpha + Q - \frac{12}{13}P$$

$$= (2,400 \text{ N}) + (1,200 \text{ N}) \sin 15^\circ + (7,000 \text{ N}) - \frac{12}{13}(650 \text{ N}) = 9,111 \text{ N}$$

$$\Rightarrow A_y = 9,110 \text{ N} \uparrow \text{ 또는 } 9.11 \text{ kN} \uparrow$$

$$\Sigma M_A = M + d Q - c T_x - b P_x = 0$$

$$\Rightarrow M = -d Q + c T \cos \alpha + b \left(\frac{5}{13}P \right)$$

$$= -(1 \text{ m})(7,000 \text{ N}) + (4.5 \text{ m})(1,200 \text{ N}) \cos 15^\circ + (3.6 \text{ m}) \frac{5}{13}(650 \text{ N})$$

$$= -884 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \Rightarrow \quad M = 884 \text{ N} \cdot \text{m} \uparrow$$

- (c) R(과정의 타당성) : (서술)

T(결과의 의미) : (서술)

4. (a) 위치벡터의 출발점 : A 또는 D , 종착점 : C 또는 E

$$\mathbf{r}_{AC} = (0) \mathbf{i} + (0.9 \text{ m}) \mathbf{j} + (0.6 \text{ m}) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{r}_{AE} = (1.8 \text{ m}) \mathbf{i} + (0) \mathbf{j} + (0) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{r}_{DC} = (0) \mathbf{i} + (-0.3 \text{ m}) \mathbf{j} + (3.0 \text{ m}) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{r}_{DE} = (1.8 \text{ m}) \mathbf{i} + (-1.2 \text{ m}) \mathbf{j} + (2.4 \text{ m}) \mathbf{k}$$

(b) 위치벡터 $\mathbf{r}_{AE} = (1.8 \text{ m}) \mathbf{i}$ 선택 (또는 $\mathbf{r}_{AC}$, $\mathbf{r}_{DC}$, $\mathbf{r}_{DE}$ 선택)

$$\text{힘 벡터 } \mathbf{T}_{EC} = (-1,200 \text{ N}) \mathbf{i} + (600 \text{ N}) \mathbf{j} + (400 \text{ N}) \mathbf{k}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_A &= \mathbf{r}_{AE} \times \mathbf{T}_{EC} = [(1.8 \text{ m}) \mathbf{i}] \times [(-1,200 \text{ N}) \mathbf{i} + (600 \text{ N}) \mathbf{j} + (400 \text{ N}) \mathbf{k}] \\ &= [-(1.8 \text{ m})(400 \text{ N})] \mathbf{j} + [(1.8 \text{ m})(600 \text{ N})] \mathbf{k} = (-720 \text{ N} \cdot \text{m}) \mathbf{j} + (1,080 \text{ N} \cdot \text{m}) \mathbf{k} \end{aligned}$$

$$\mathbf{r}_{AD} = (1.2 \text{ m}) \mathbf{j} + (-2.4 \text{ m}) \mathbf{k} \quad r_{AD} = \sqrt{1.2^2 + (-2.4)^2} \text{ m} = 2.683 \text{ m}$$

$$\text{단위벡터 } \lambda_{AD} = \frac{1}{2.683 \text{ m}} [(1.2 \text{ m}) \mathbf{j} + (-2.4 \text{ m}) \mathbf{k}] = 0.447 \mathbf{j} - 0.894 \mathbf{k}$$

$$\begin{aligned} M_{AD} &= \lambda_{AD} \cdot \mathbf{M}_A = (0.447 \mathbf{j} - 0.894 \mathbf{k}) \cdot [(-720 \text{ N} \cdot \text{m}) \mathbf{j} + (1,080 \text{ N} \cdot \text{m}) \mathbf{k}] \\ &= (0.447)(-720) + (-0.894)(1,080) \text{ N} \cdot \text{m} \\ &= -1,287.4 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \Rightarrow \quad M_{AD} = -1,287 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

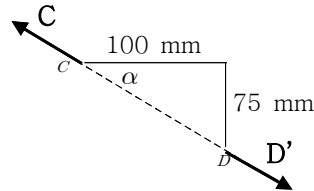
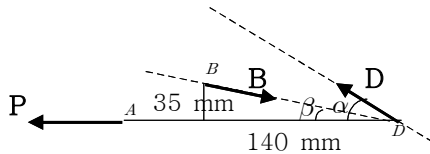
(c) $\mathbf{r}_{DA} = (-1.2 \text{ m}) \mathbf{j} + (2.4 \text{ m}) \mathbf{k} \quad r_{DA} = r_{AD} = 2.683 \text{ m}$

$$\mathbf{r}_{DB} = (2.4 \text{ m}) \mathbf{i} + (-1.2 \text{ m}) \mathbf{j} + (2.4 \text{ m}) \mathbf{k} \quad r_{DB} = \sqrt{(2.4)^2 + (-1.2)^2 + 2.4^2} \text{ m} = 3.60 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{DA} \cdot \mathbf{r}_{DB} &= [(-1.2 \text{ m}) \mathbf{j} + (2.4 \text{ m}) \mathbf{k}] \cdot [(2.4 \text{ m}) \mathbf{i} + (-1.2 \text{ m}) \mathbf{j} + (2.4 \text{ m}) \mathbf{k}] \\ &= (-1.2 \text{ m})(-1.2 \text{ m}) + (2.4 \text{ m})(2.4 \text{ m}) = 7.20 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

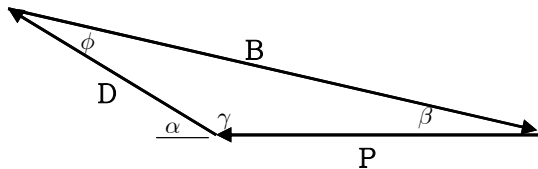
$$\cos \theta = \frac{\mathbf{r}_{DA} \cdot \mathbf{r}_{DB}}{r_{DA} r_{DB}} = \frac{7.20}{(2.683)(3.60)} = 0.7454 \quad \Rightarrow \quad \theta = \cos^{-1}(0.7454) = 41.8^\circ$$

5. (a) 자유물체도 (free-body diagram)



$$P = 400 \text{ N}, \quad \beta = \tan^{-1} \frac{35}{140} = 14.04^\circ, \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{75}{100} = 36.9^\circ$$

(b) 힘 삼각형 (force triangle)



$$\gamma = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - 36.9^\circ = 143.1^\circ$$

$$\begin{aligned} \phi &= \alpha - \beta = 36.9^\circ - 14.04^\circ = 22.9^\circ \\ &(\text{또는 } 180^\circ - \gamma - \beta) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{D}{\sin \beta} &= \frac{P}{\sin \phi} \quad \Rightarrow \quad D = P \frac{\sin \beta}{\sin \phi} = (400 \text{ N}) \frac{\sin 14.04^\circ}{\sin 22.9^\circ} = 249.4 \text{ N} \\ &\Rightarrow \quad \mathbf{D} = 249 \text{ N} \angle 36.9^\circ \end{aligned}$$