

1.[3점] ‘정역학(Statics)’에 관하여

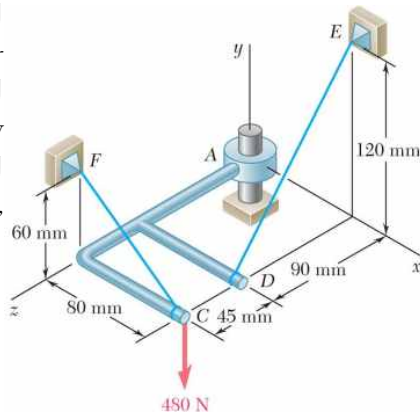
(a) 자신이 기계공학 관련 회사의 임원이라고 가정할 때, 신입사원을 채용하려는 면접 시험에서 ‘강체의 정역학’에 관한 전문성을 파악하기 위해 응시자에게 할 질문을 2개 제시하여야. (단, 본 시험지의 문제는 제외)

(b) 건설기계 중 하나인 굴삭기(excavator)에서, ‘강체(rigid body)’의 정역학’에 관련되는 부분을 5개 제시하여야.

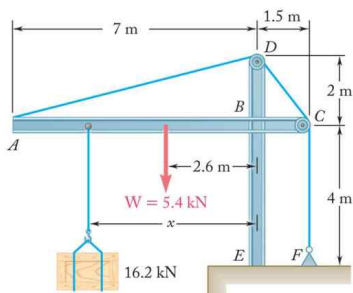


(c) 우력(偶力, couple, 짝힘) 모멘트란 무엇인지 서술하고, 우력의 사례를 3개 제시하여야.

2.[4점] The assembly shown is welded to collar A that fits on the vertical pin shown. The pin can exert couples about the x and z axes but does not prevent motion about or along the y axis. 그림과 같이 힘이 작용할 때, 어셈블리의 윤곽 그림에 작용력과 반력을 모두 표현하여 자유물체도(free-body diagram)를 완성하여야. (단, 치수는 생략, 무게 무시)



3.[6점] 그림의 장치는 무게 5.4 kN인 수평부재 ABC 와 B 에서 용접되어 있는 수직부재 DBE 로 구성되어 있다. 이 장치가 수직부재 DBE 로부터 $x = 4.5$ m 떨어진 거리에서 16.2 kN의 상자를 들어 올리는 데 사용된다. 평형 상태에서 케이블의 장력이 22 kN일 때, 교재의 S.M.A.R.T. 과정에 충실히 따라서 E 에서의 반력(reaction)을 결정하여야.

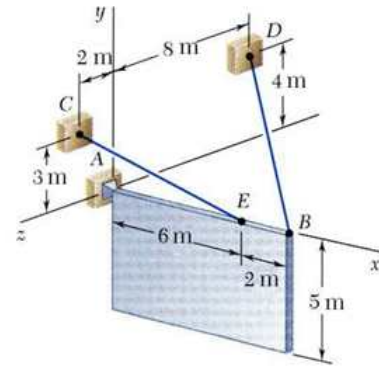


(a,b) 전략(strategy)과 모델링(modeling)

(c,d,e) 해석(analysis)

(f) 과정의 타당성 검토(reflect)와 결과의 의미 검토(think)

4.[6점] 크기가 $8\text{ m} \times 5\text{ m}$ 이고 무게가 2.4 kN인 균일한 표지판이 두 케이블과 볼-소켓 A 로 지지되어 있다. 다음 물음에 답을 구하는 Analysis를 하여라.



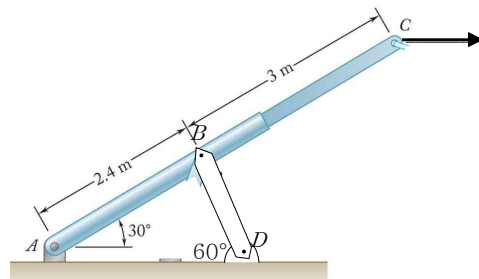
(a)[2점] 판의 무게 $\mathbf{W}$ 는 판 중심에 집중력으로 작용한다고 가정하고, 점 C 에 관한 무게 $\mathbf{W}$ 의 모멘트를 구하여라.

(b,c) 줄 BD 의 장력에 의해 B 지점에 가해지는 힘 $\mathbf{F}_B$ 의 AC 축에 관한 모멘트를 구하고자 할 때

(b)[1점] 선택할 수 있는 위치벡터를 모두 제시하여라.
(그림의 좌표축 단위벡터와 치수를 사용하여 표현)

(c)[3점] 줄 BD 의 장력이 1.44 kN이라면, 축 AC 에 관한 힘 $\mathbf{F}_B$ 의 모멘트를 구하여라. (축 AC 방향의 단위벡터는 $\lambda_{AC} = 0.832\mathbf{j} + 0.555\mathbf{k}$ 임을 안다.)

5.[6점] 그림과 같이 세 지점 A , B , D 에서 힌지(hinge)된 구조물 ABC 와 BD 가 있다. C 지점에서 수평방향으로 48 N의 힘이 작용하여 평형(equilibrium) 상태에 있다, 구조물의 무게는 무시할 만하다. 힘 삼각형 (force triangle) 방법을 이용하고, Modeling과 Analysis를 하여, 구조물 ABC 의 A 지점과 B 지점의 반력(reaction)을 구하여라. (반력 중 힘은 크기와 방향으로 표현함.)

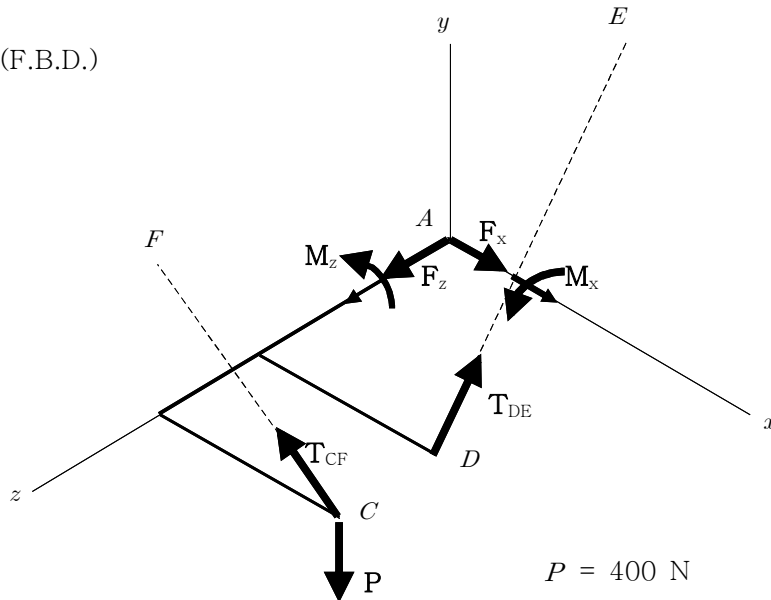


1. (a) (질문 2개)

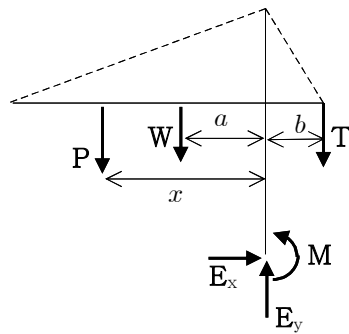
(b) 인체의 손목 역할, 팔꿈치 역할, 어깨 역할, 몸통 역할, 몸체 무게와 팔 무게의 평형, 무한궤도, 엔진 피스톤, 핸들 조작기, 브레이크, ...

(c) 서술과 사례 (예: 세그웨이(전동 휠) 제자리 회전, 축구로봇 제자리 회전, 동그란 문 손잡이, lug-nut wrench, 드라이버 손잡이, ...)

2. 자유물체도(F.B.D.)



3. (a,b) S ; (전략. 예; 직각성분에 의한 힘과 모멘트의 평형 방정식을 사용)
M ; 자유물체도(F.B.D.)



(c,d,e) A ; $P = 16.2 \text{ kN}$, $W = 5.4 \text{ kN}$, $T = 22 \text{ kN}$

$x = 4.5 \text{ m}$, $a = 2.6 \text{ m}$, $b = 1.5 \text{ m}$

$$\rightarrow \Sigma F_x = 0 ; \quad E_x = 0$$

$$\uparrow \Sigma F_y = 0 ; \quad E_y - P - W - T = 0$$

$$\Rightarrow E_y = P + W + T$$

$$= (16.2 \text{ kN}) + (5.4 \text{ kN}) + (22 \text{ kN}) = 43.6 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{E} = 43.6 \text{ kN} \uparrow$$

$$+\circlearrowleft \Sigma M_E = 0 ; \quad M + x P + a W - b T = 0$$

$$\Rightarrow M = -x P - a W + b T$$

$$= -(4.5 \text{ m})(16.2 \text{ kN}) - (2.6 \text{ m})(5.4 \text{ kN}) + (1.5 \text{ m})(22 \text{ kN})$$

$$= -53.94 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{M} = 53.9 \text{ kN}\cdot\text{m} \uparrow$$

(f) R ; (과정의 타당성. 예; 장력의 힘 벡터를 F에 작용해도 결과는 같음)

T ; (결과의 의미. 예; 반력 중 힘에 수평 성분 없음,

모멘트는 수평부재 무게와 상자의 무게에 의한 모멘트를 상쇄시키는 방향)

4. (a) $W = 2.4 \text{ kN}$

$$\mathbf{r}_{G/C} = (6+2)/2 \mathbf{i} + [-3 + (-5)/2] \mathbf{j} + (-2) \mathbf{k} \text{ (m)} = (4 \text{ m}) \mathbf{i} + (-5.5 \text{ m}) \mathbf{j} + (-2 \text{ m}) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{W} = -(2.4 \text{ kN}) \mathbf{j}$$

$$\mathbf{M}_C = \mathbf{r}_{G/C} \times \mathbf{W} = [4 \mathbf{i} - 5.5 \mathbf{j} - 2 \mathbf{k} \text{ (m)}] \times [-2.4 \mathbf{j} \text{ (kN)}]$$

$$= [-(-2)(-2.4)] \mathbf{i} + [(4)(-2.4)] \mathbf{k} \text{ (kN}\cdot\text{m)} = -4.80 \mathbf{i} - 9.60 \mathbf{k} \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

(b) 위치벡터의 출발점은 A 또는 C , 종착점은 B 또는 D

$$\mathbf{r}_{B/A} = (8 \text{ m}) \mathbf{i}$$

$$\mathbf{r}_{D/A} = (4 \text{ m}) \mathbf{j} + (-8 \text{ m}) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{r}_{B/C} = (8 \text{ m}) \mathbf{i} + (-3 \text{ m}) \mathbf{j} + (-2 \text{ m}) \mathbf{k}$$

$$\mathbf{r}_{D/C} = (1 \text{ m}) \mathbf{j} + (-10 \text{ m}) \mathbf{k}$$

(c) $F_B = 1.44 \text{ kN}$

$$d_{BDx} = -8 \text{ m}, \quad d_{BDy} = 4 \text{ m}, \quad d_{BDz} = -8 \text{ m}$$

$$d_{BD} = \sqrt{d_{BDx}^2 + d_{BDy}^2 + d_{BDz}^2} = \sqrt{(-8)^2 + 4^2 + (-8)^2} \text{ m} = 12 \text{ m}$$

$$\lambda_{BD} = \frac{1}{d_{BD}} (d_{BDx} \mathbf{i} + d_{BDy} \mathbf{j} + d_{BDz} \mathbf{k}) = \frac{1}{12} [(-8) \mathbf{i} + 4 \mathbf{j} + (-8) \mathbf{k}]$$

$$\mathbf{F}_B = F_B \lambda_{BD} = \frac{1.44 \text{ kN}}{12} [(-8) \mathbf{i} + 4 \mathbf{j} + (-8) \mathbf{k}] = -0.96 \mathbf{i} + 0.48 \mathbf{j} - 0.96 \mathbf{k} \text{ (kN)}$$

$$\mathbf{M}_A = \mathbf{r}_{B/A} \times \mathbf{F}_B = [8 \mathbf{i} \text{ (m)}] \times [-0.96 \mathbf{i} + 0.48 \mathbf{j} - 0.96 \mathbf{k} \text{ (kN)}]$$

$$= [0] \mathbf{i} + [(-8)(-0.96)] \mathbf{j} + [(8)(0.48)] \mathbf{k} \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$= 7.68 \mathbf{j} + 3.84 \mathbf{k} \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

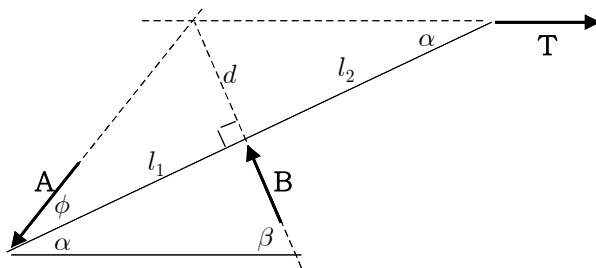
$$M_{AC} = \lambda_{AC} \cdot \mathbf{M}_A = (0.832 \mathbf{j} + 0.555 \mathbf{k}) \cdot [7.68 \mathbf{j} + 3.84 \mathbf{k} \text{ (kN}\cdot\text{m)}]$$

$$= (0.832)(7.68) + (0.555)(3.84) \text{ (kN}\cdot\text{m)} = 8.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

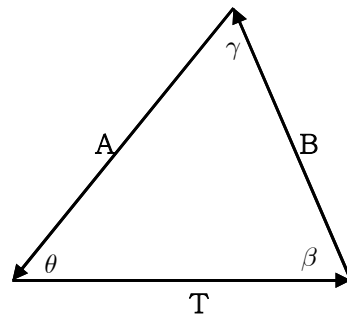
5. $T = 48 \text{ N}$, $l_1 = 2.4 \text{ m}$, $l_2 = 3 \text{ m}$, $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$

구조물 BD 는 2力 부재 (two-force body), 구조물 ABC 는 3力 부재 (three-force body)

자유물체도 (F.B.D.)



힘 삼각형 (force triangle)



$$d = l_2 \tan \alpha = (3 \text{ m}) \tan 30^\circ = 1.732 \text{ m}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{d}{l_1} = \tan^{-1} \frac{1.732}{2.4} = \tan^{-1} 0.722 = 35.8^\circ$$

$$\theta = \alpha + \phi = 30^\circ + 35.8^\circ = 65.8^\circ$$

$$\gamma = 180^\circ - \beta - \theta = 180^\circ - 60^\circ - 65.8^\circ = 54.2^\circ$$

$$\frac{A}{\sin \beta} = \frac{T}{\sin \gamma} \Rightarrow A = \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} T = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 54.2^\circ} (48 \text{ N}) = 51.25 \text{ N} \Rightarrow \mathbf{A} = 51.3 \text{ N} \nearrow 65.8^\circ$$

$$\frac{B}{\sin \theta} = \frac{T}{\sin \gamma} \Rightarrow B = \frac{\sin \theta}{\sin \gamma} T = \frac{\sin 65.8^\circ}{\sin 54.2^\circ} (48 \text{ N}) = 53.98 \text{ N} \Rightarrow \mathbf{B} = 54.0 \text{ N} \searrow 60.0^\circ$$