

1.[3점] 다음 물음에 답하여라.

(a) 2010년 3월에 백령도 앞 바다에서 천안함을 인양하여 운반하는 과정을 묘사하는 아래 그림에서, '질점의 정역학'에 관한 질문을 2개 제기하여라.



(b) 서양 단위와 국제 단위에 다음과 같은 관계가 있다.

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}, \quad 1 \text{ slug} = 14.59 \text{ kg}, \\ \text{중력가속도 } g = 9.807 \text{ m/s}^2 = 32.2 \text{ ft/s}^2$$

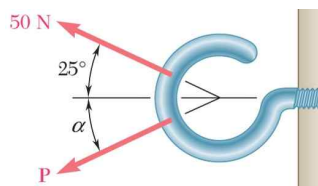
위 관계를 이용하여, 위치에너지(mgh) $50.0 \text{ lb} \cdot \text{ft}$ 를 $\text{N} \cdot \text{m}$ 로 변환하여라.

(c) 다음 글의 ()에 적절한 단어를 기입하여라.

The first step in solving three-dimensional equilibrium problems is to draw a () diagram showing the particle in equilibrium and all of the forces acting on it. You can then write the equations of () and solve them for three unknowns.

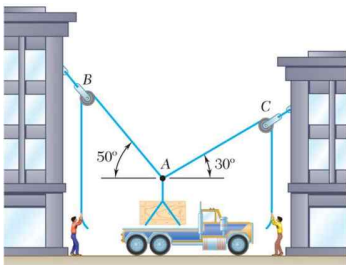
2.[3점] For the hook support shown, determine by trigonometry the magnitude and direction of the resultant of the two forces applied to the support when P is 70 N and α is 35° .

(문제풀이 SMART방법 중 modeling과 analysis를 제시함)

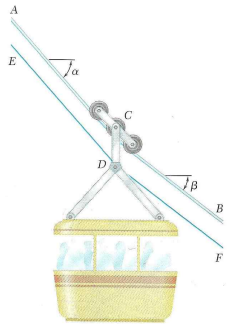


3.[4점] 아래 그림과 같이 정지상태일 때 줄 AB 의 장력이 647 N 이다. 왼쪽 건물에 연결된 줄이 마찰 없는 도르래 B 에 가하는 힘 $\mathbf{F}$ 의 크기와 방향을 직각성분(rectangular component) 방법으로 구하여라.

(문제풀이 SMART방법 중 modeling과 analysis를 제시함)



4.[6점] 그림과 같이, 스키장 곤돌라가 줄 ACB 위에서 마찰 없이 구르는 도르래에 매달려 있고, 줄 DE 가 일정 속력으로 당긴다. α 는 42° 이고 β 는 32° 이며, 줄 DE 의 장력(tension)은 20 kN 이고 줄 DF 의 장력은 무시된다. 줄 ACB 의 장력과 곤돌라의 무게를 구하고자 한다. 교재의 S.M.A.R.T. 방법에 따라 구하여라.



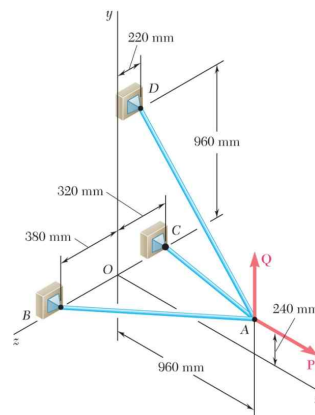
(a,b) 전략(strategy)과 모델링(modeling)

(c,d,e) 해석(analysis)

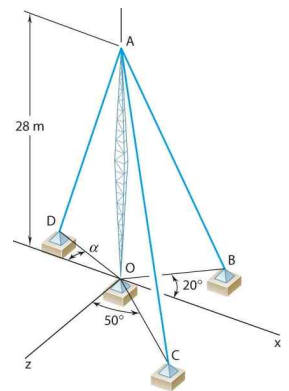
(f) ① 과정의 타당성 검토(reflect)와 ② 결과의 의미 검토(think)

5.[6점] 공간에서 물체에 작용하는 힘에 관한 다음 문제에 해석(analysis)하여라.

<문제 (a)의 그림>



<문제 (b,c)의 그림>



(a) <왼쪽 그림에서> 줄 AD 의 장력(tension)이 610 N 이라면, 줄 AD 가 점 D 에 가하는 힘의 직각성분 F_x , F_y , F_z 를 구하여라.

(b,c) <오른쪽 그림에서> 기둥 OA 를 버티고 있는 줄 AB 의 길이가 32.5 m 이다. 줄 AB 가 장력으로 인해 바닥의 B 지점에 가하는 힘의 방향을 나타내는 단위벡터 λ_{BA} 를 구하고, 단위벡터 λ_{BA} 가 x , y , z 축과 각각 이루는 각도 θ_x , θ_y , θ_z 를 구하여라.

1. (a) ① 물체1(예인선과 바지선)에 작용하는 힘의 평형에 관한 질문
 ② 물체2(크레인)에 작용하는 힘의 평형에 관한 질문

$$(b) 1 \text{ lb} = 1 \text{ slug} \cdot \text{ft/s}^2 = 1 \text{ slug} \cdot \text{ft/s}^2 \times \frac{14.59 \text{ kg}}{1 \text{ slug}} \times \frac{9.807 \text{ m/s}^2}{32.2 \text{ ft/s}^2} = 4.444 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 4.444 \text{ N}$$

$$50.0 \text{ lb} \cdot \text{ft} = 50.0 \text{ lb} \cdot \text{ft} \times \frac{4.444 \text{ N}}{1 \text{ lb}} \times \frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ ft}} = 67.73 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \Rightarrow \quad 67.7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

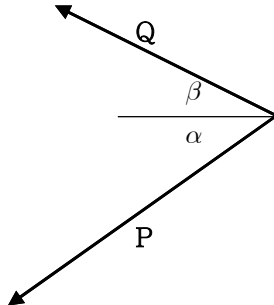
$$(\text{또는 } 50.0 \text{ lb} \cdot \text{ft} = 50.0 \text{ lb} \cdot \text{ft} \times \frac{14.59 \text{ kg}}{1 \text{ slug}} \times \frac{9.807 \text{ m/s}^2}{32.2 \text{ ft/s}^2} \times \frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ ft}} = 67.7 \text{ N} \cdot \text{m})$$

(c) free-body, equilibrium

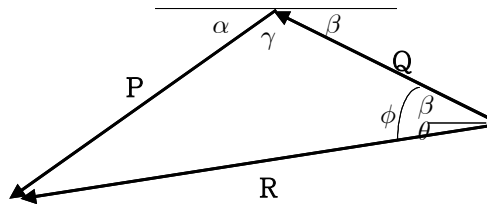
2. $P = 70 \text{ N}$, $Q = 50 \text{ N}$, $\alpha = 35^\circ$, $\beta = 25^\circ$

modeling

자유물체도(F.B.D.)



힘 삼각형(force triangle)



analysis

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta) = 180^\circ - (35^\circ + 25^\circ) = 120^\circ$$

cosine공식

$$\begin{aligned} R^2 &= P^2 + Q^2 - 2 P Q \cos \gamma \\ &= (70 \text{ N})^2 + (50 \text{ N})^2 - 2 (70 \text{ N}) (50 \text{ N}) \cos 120^\circ = 10,900 \text{ N}^2 \\ \Rightarrow R &= 104.40 \text{ N} \end{aligned}$$

sine공식

$$\begin{aligned} \frac{P}{\sin \phi} &= \frac{R}{\sin \gamma} \quad \Rightarrow \quad \sin \phi = \frac{P}{R} \sin \gamma = \frac{70 \text{ N}}{104.40 \text{ N}} \sin 120^\circ = 0.5807 \\ \Rightarrow \phi &= \sin^{-1}(0.5807) = 35.50^\circ \\ \theta &= \phi - \beta = 35.50^\circ - 25^\circ = 10.50^\circ \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{R} = 104.4 \text{ N} \nearrow 10.50^\circ$$

3. $T_1 = T_2 = 647 \text{ N}$, $\alpha = 50^\circ$,

$$R_x = \Sigma F_x = 0$$

$$T_2 \cos \alpha - F_x = 0$$

$$\Rightarrow F_x = T_2 \cos \alpha = (647 \text{ N}) \cos 50^\circ = 415.9 \text{ N}$$

$$R_y = \Sigma F_y = 0$$

$$F_y - T_1 - T_2 \sin \alpha = 0 \quad \cdots \textcircled{2}$$

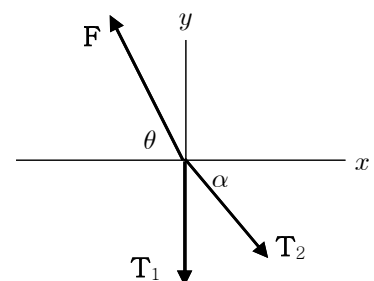
$$\Rightarrow F_y = T_1 + T_2 \sin \alpha$$

$$= (647 \text{ N}) + (647 \text{ N}) \sin 50^\circ = 1142.6 \text{ N}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(415.9 \text{ N})^2 + (1142.6 \text{ N})^2} = \sqrt{1,478,578 \text{ N}^2} = 1,215.9 \text{ N}$$

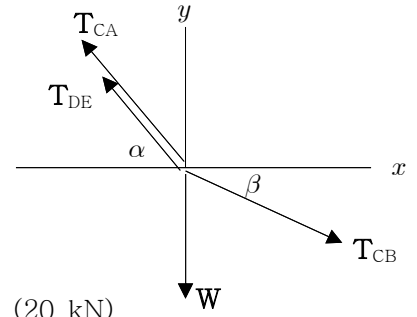
$$\theta = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x} = \tan^{-1} \frac{1,142.6 \text{ N}}{415.9 \text{ N}} = \tan^{-1}(2.747) = 70.0^\circ \quad \Rightarrow \quad \mathbf{F} = 1,216 \text{ N} \searrow 70.0^\circ$$

자유물체도 (F.B.D.)



4. (a,b) S(전략) ; known $\alpha = 42^\circ$, $\beta = 32^\circ$, $T_{DE} = 20 \text{ kN}$,
 unknown T_{DE} , W
 $\Rightarrow$ 직각성분(rectangular component) 방법

M(모델링) ; 자유물체도(F.B.D.)



- (c,d,e) A(해석) ; $T_{CA} = T_{CB} = T_{ACB}$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$T_{CB} \cos \beta - (T_{CA} + T_{DE}) \cos \alpha = 0$$

$$\Rightarrow T_{ACB} = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta - \cos \alpha} T_{DE} = \frac{\cos 42^\circ}{\cos 32^\circ - \cos 42^\circ} (20 \text{ kN})$$

$$= 141.68 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow T_{ACB} = 141.7 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-T_{CB} \sin \beta + (T_{CA} + T_{DE}) \sin \alpha - W = 0$$

$$\Rightarrow W = -T_{ACB} \sin \beta + (T_{ACB} + T_{DE}) \sin \alpha$$

$$= -(141.68 \text{ kN}) \sin 32^\circ + [(141.68 \text{ kN}) + (20 \text{ kN})] \sin 42^\circ = 33.11 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow W = 33.1 \text{ kN}$$

- (f) R (과정의 타당성); (서술)

T (결과의 의미); (서술)

5. (a) $T_{DA} = 610 \text{ N}$

$$d_{DA} = \sqrt{(960 \text{ mm})^2 + (240 - 960 \text{ mm})^2 + (220 \text{ mm})^2} = 1,220 \text{ mm}$$

$$\lambda_{AD} = \frac{1}{1,220} (960 \text{ i} - 720 \text{ j} + 220 \text{ k}) = 0.7869 \text{ i} - 0.5902 \text{ j} + 0.1803 \text{ k}$$

$$\mathbf{T}_{DA} = T_{DA} \lambda_{DA} = (610 \text{ N}) \frac{1}{1,220} (960 \text{ i} - 720 \text{ j} + 220 \text{ k})$$

$$= (480 \text{ N}) \text{ i} + (-360 \text{ N}) \text{ j} + (110.0 \text{ N}) \text{ k}$$

$$\Rightarrow F_x = 480 \text{ N}, F_y = -360 \text{ N}, F_z = 110.0 \text{ N}$$

$$(b,c) \beta = 20^\circ, \gamma = \cos^{-1} \frac{28}{32.5} = \cos^{-1} 0.8615 = 30.5^\circ$$

$$(T_{BA})_y = T_{BA} \cos \gamma, (T_{BA})_h = T_{BA} \sin \gamma$$

$$(T_{BA})_x = -(T_{BA})_h \cos \beta = -T_{BA} \sin \gamma \cos \beta$$

$$(T_{BA})_z = (T_{BA})_h \sin \beta = T_{BA} \sin \gamma \sin \beta$$

$$\lambda_x = \frac{(T_{BA})_x}{T_{BA}} = -\sin 30.5^\circ \cos 20^\circ = -0.4769, \quad \lambda_y = \frac{(T_{BA})_y}{T_{BA}} = \cos 30.5^\circ = 0.8615$$

$$\lambda_z = \frac{(T_{BA})_z}{T_{BA}} = \sin 30.5^\circ \sin 20^\circ = 0.1736$$

$$\lambda_{BA} = \lambda_x \text{ i} + \lambda_y \text{ j} + \lambda_z \text{ k} = -0.477 \text{ i} + 0.862 \text{ j} + 0.1736 \text{ k}$$

$$(\text{검산} : \lambda_x^2 + \lambda_y^2 + \lambda_z^2 = 1)$$

$$\theta_x = \cos^{-1} \frac{(T_{BA})_x}{T_{BA}} = \cos^{-1} \lambda_x = \cos^{-1} (-0.4769) = 118.5^\circ$$

$$\theta_y = \cos^{-1} \frac{(T_{BA})_y}{T_{BA}} = \cos^{-1} \lambda_y = \cos^{-1} (0.8615) = 30.5^\circ \text{ 또는 } \theta_y = \gamma = 30.5^\circ$$

$$\theta_z = \cos^{-1} \frac{(T_{BA})_z}{T_{BA}} = \cos^{-1} \lambda_z = \cos^{-1} 0.1736 = 80.0^\circ$$