

1.[4점] 다음 물음에 답하라.

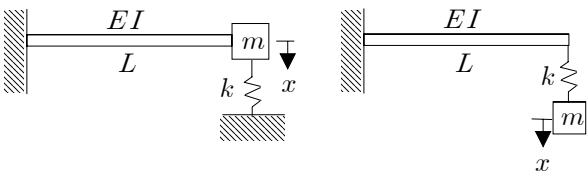
(a) 진동 해석(analysis) 방법을 두 단계로 구분하여 각 단계의 역할을 설명하라. 또한 해석 결과의 활용도를 제시하고, 실험에 비해 해석이 갖는 장점을 제시하라.

(b) 진동 억제 대상인 '부정적 진동'의 사례와 진동 활용 대상인 '긍정적 진동'의 사례를 각각 다섯 개씩 제시하라.

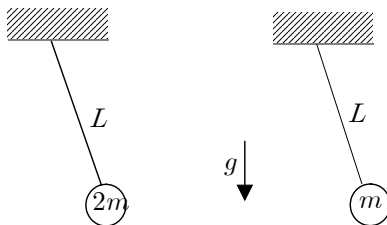
2.[2점] 가속도 진폭 1 g ($= 9.81 \text{ m/s}^2$)을 기준으로 할 때, 30 Hz의 진동수로 0.014 m의 변위 진폭을 갖는 진동의 가속도 진폭은 몇 dB인가?

3.[6점] 다음 그림과 같은 1자유도계 짝들에서 고유진동수가 같은 짝에 O표, 고유진동수가 다른 짝에 X표를 ()안에 하되, 판단 근거를 제시하라. (답이 맞고 판단 근거가 타당해야 득점)

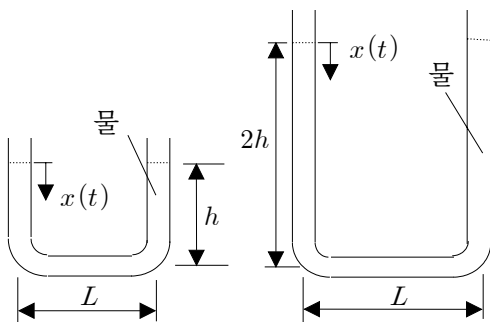
(a) ()



(b) ()



(c) ()



4.[6점] Consider the free vibration of a 1 DOF (one degree-of-freedom) spring-mass-damper system.

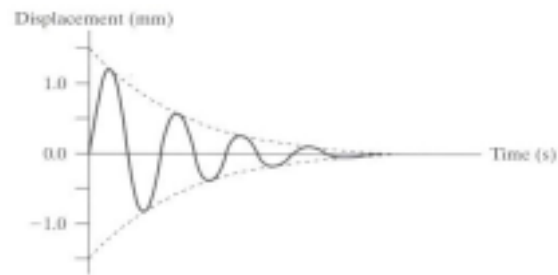
(a) The system has mass of 4.50 kg, damping coefficient of 105 N/(m/s), and stiffness of 1350 N/m. Calculate the undamped natural frequency ω_n , the damping ratio ζ , and the damped natural frequency ω_d .

(b) The response has the form

$$x(t) = A e^{-\zeta \omega_n t} \cos(\omega_d t - \theta)$$

For the system with $\omega_n = 160 \text{ rad/s}$ and $\zeta = 0.25$, determine A and θ when the initial velocity v_0 is 7.50 m/s and the initial displacement x_0 is 0(zero).

5.[3점] 다음 그림과 같이 관찰되는 진동 변위 신호가 있다.



변위가 0인 순간들을 관찰하니, 0.04 s, 0.08 s, 0.12 s, 0.16 s, ... 이었다.

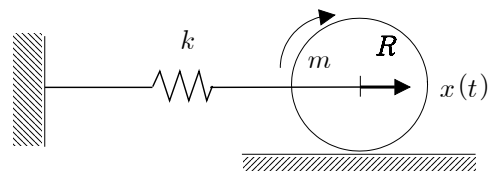
(a) 이러한 신호의 주기는 몇 초인가?

(b) 이러한 응답을 보이는 1자유도 감쇠계의 감쇠고유진동수 ω_d 는 몇 rad/s인가?

(c) 이 시스템에 감쇠기(damper)가 없을 때 비감쇠고유진동수 f_n 은 15.0 Hz임을 알고 있다. 감쇠비는 얼마인가?

6.[4점] 다음 그림에 보인 1자유도계의 운동방정식을 뉴턴 법칙 또는 에너지 방법을 사용하여 유도하고, 계의 고유진동수를 제시하라. 질량 m 이고 반지름 R 인 강체 원판인 바퀴의 중심 축에 강성 k 인 스프링이 결합되어 있고, 바퀴는 미끄럼 없이 구른다.

(균일한 원판의 회전관성모멘트는 $\frac{1}{2} m R^2$ 로 계산)



1. (a) 1단계 : 모델링(modeling) - 복잡한 진동 현상을 단순화 하여 수학적 운동방정식으로 표현함.
 2단계 : 해(solving) - 수학적 운동방정식의 해를 구함.
 활용도 : 성능 예측(prediction) - 설계 단계에서 진동 성능을 예측함.
 장점 : 시간과 돈을 절약. 실물 없이 개발 단계에서 적용 가능함.

(b) 부정적 진동 : (사례 제시)

긍정적 진동 : (사례 제시)

$$2. \quad |\ddot{x}| = \omega_n^2 A = (2\pi f_n)^2 A = [2\pi (30 \text{ Hz})^2] (0.014 \text{ m}) = 497.4 \text{ m/s}^2$$

$$20\log_{10} \frac{497.4 \text{ m/s}^2}{9.81 \text{ m/s}^2} = 20\log_{10} 50.7 = 20 (1.705) = 34.1 \text{ (dB)}$$

$$3. (a) \text{ X} \quad k_1 = \frac{3EI}{L^3}, \quad \text{좌측 } k_{eq} = k_1 + k, \quad \text{우측 } k_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k}}$$

$$(b) \text{ O} \quad \omega_n = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$(c) \text{ X} \quad \text{좌측 } \omega_n = \sqrt{\frac{2g}{L+2h}}, \quad \text{우측 } \omega_n = \sqrt{\frac{2g}{L+4h}}$$

$$4. (a) \quad m = 4.50 \text{ kg}, \quad c = 105 \text{ N/(m/s)}, \quad k = 1350 \text{ N/m}$$

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{mk}} = \frac{105 \text{ N/(m/s)}}{2\sqrt{(4.50 \text{ kg})(1,350 \text{ N/m})}} = 0.674$$

$$\omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n = \sqrt{1 - 0.674^2} (17.3 \text{ rad/s}) = 12.8 \text{ rad/s}$$

$$(b) \quad \omega_n = 160 \text{ rad/s}, \quad \zeta = 0.25, \quad v_0 = 7.50 \text{ m/s}, \quad x_0 = 0$$

$$\omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n = \sqrt{1 - 0.25^2} (160 \text{ rad/s}) = 155 \text{ rad/s}$$

$$\dot{x}(t) = A e^{-\zeta \omega_n t} [-\zeta \omega_n \cos(\omega_d t - \theta) - \omega_d \sin(\omega_d t - \theta)]$$

$$x(0) = A \cos \theta = x_0 = 0 \quad \cdots \textcircled{1}$$

$$\dot{x}(0) = A [-\zeta \omega_n \cos \theta + \omega_d \sin \theta] = v_0$$

$$\Rightarrow \omega_d A \sin \theta = v_0 = 7.5 \text{ m/s} \quad \cdots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \quad \sin \theta > 0, \quad \cos \theta = 0 \quad \Rightarrow \quad \theta = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$\textcircled{2} \Rightarrow A = \frac{v_0}{\omega_d} = \frac{7.5 \text{ m/s}}{155 \text{ rad/s}} = 0.0484 \text{ m} = 48.4 \text{ mm}$$

5. (a) $T = 0.08 \text{ s}$

(b) $\omega_d = \frac{2\pi \text{ rad}}{T} = \frac{2\pi \text{ rad}}{0.08 \text{ s}} = 78.5 \text{ rad/s}$

(c) $\omega_n = (2\pi \text{ rad}) f_n = (2\pi \text{ rad}) (15.0 \text{ /s}) = 94.2 \text{ rad/s}$

$$\omega_d = \sqrt{1 - \zeta^2} \omega_n$$

$$\Rightarrow \zeta = \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_d}{\omega_n}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{78.5}{94.2}\right)^2} = 0.553$$

6. $U = \frac{1}{2} k x^2$

$$T = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} J \dot{\theta}^2 = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} m R^2 \right) \left(\frac{\dot{x}}{R} \right)^2 = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{4} m \dot{x}^2 = \frac{3}{4} m \dot{x}^2$$

$$\frac{d}{dt}(T + U) = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{3}{4} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} k x^2 \right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} m \dot{x} \ddot{x} + k x \dot{x} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} m \ddot{x} + k x = 0, \quad \omega_n = \sqrt{\frac{2k}{3m}}$$