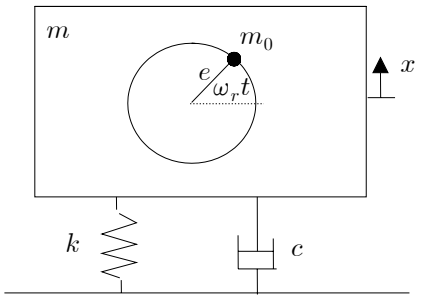
기 계 진 동 학 2007년 시험2 (26점) 문제 2007. 5. 17.

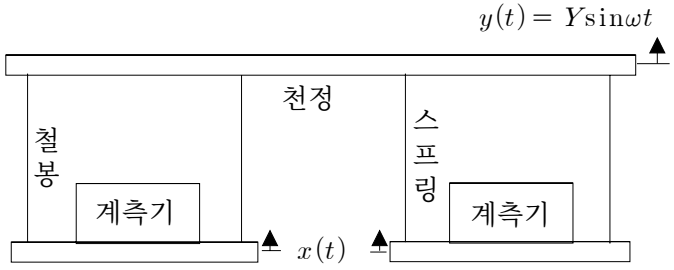
1.[4점] 다음 물음에 답하라.
(a) 공진(resonance)현상이란 무엇인지 서술하라. 공진 현상을 활용하는 긍정적 사례와 억제해야 하는 부정적 사례를 하나씩 제시하라.
(b) 맥놀이(beat) 현상을 이용하여 기타(guitar) 줄을 조율할 때, 고유진동수가 440 Hz인 소리굽쇠를 사용하니 맥놀이 주기가 0.40초로 관찰되었다면, 이때 이 기타 줄의 진동수는 몇 Hz인가?

2.[4점] 조화가진 응답에 관한 다음 설명이 맞으면 O표, 틀리면 X표를 ( )안에 하되, 판단 근거를 제시하라. (답도 맞고 판단 근거도 타당해야만 득점)
(a) 바닥 가진을 차단하는 장치가 있는 방진 테이블 위에서 정밀 측정을 하고 있는데, 이웃 공사장에서 굴착 작업을 하고 있어서 실험실 바닥의 진동이 있을 때, 테이블의 진동을 예방하는 방법의 하나로 공압 댐퍼의 감쇠 값을 크게 한다. ( )
판단 근거 :
(b) 회전 불균형에 따른 진동을 활용하는 손 안마기 신제품을 개발함에 있어서, 회전수(rpm)가 커질수록 진동 변위 진폭이 커진다. ( )
판단 근거 :

3.[6점] An electric motor of total mass 80 kg has an eccentric mass of 8 kg and is set on elastic support (stiffness k = 6500 N/m, damping coefficient c = 300 N/(m/s)). The motor runs at 1200 rpm, and the mass eccentricity is 80 mm from the center. Determine the amplitude of vertical vibration.



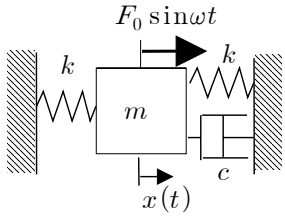
4.[4점] 외부 진동의 영향에 민감한 정밀 계측기를 설치함에 있어서, 진동 차단을 위하여 천정에 매달면서, (가) 철봉으로 매다는 방안과 (나) 스프링으로 매다는 방안을 구상하였다. 철봉의 강성은 무한히 크고 스프링의 강성은 0에 가까우며, 이 둘의 감쇠는 0에 가깝다고 전제할 때, 천정의 진동을 차단하는 데에 유리한 방안을 찾고자 한다.



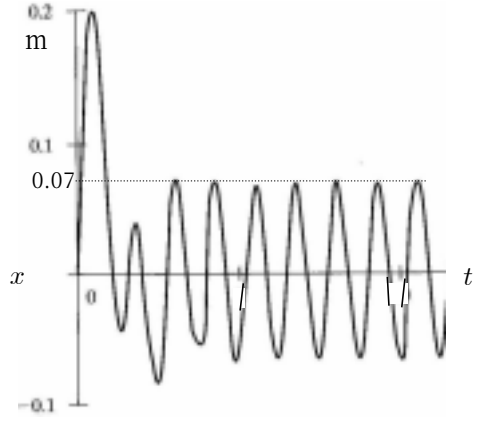
(가) (나)

(a) 계측기 받침의 변위 진폭 X와 천정의 변위 진폭 Y의 비 $\frac{X}{Y}$를 감쇠비 ζ 및 진동수 비 r(구동진동수 ω와 고유진동수 ω_n의 비)로 표현하라(유도 불필요). 감쇠비 ζ가 0인 경우와 0.1인 경우에 진동 변위 전달률과 진동수 비 r의 관계를 그래프로 도시하라.
(b) (가)와 (나) 중에서 진동 차단에 유리한 방안을 선택하고 그 이유를 설명하라.

5.[8점] 다음 그림과 같은 1자유도계에 조화가진력 $F_0\sin\omega t$ 가 가해진다.



(a) 질량체에 대한 자유물체도(free-body diagram)를 그리고, 운동방정식을 유도하라.
(b) 운동방정식의 해를 구한 결과 질량체의 정상상태 응답 변위가 $x(t) = X\sin(\omega t - \theta)$로 표현될 때, 물체의 진동에 의해 오른쪽 벽에 전달되는 힘의 크기를 표현하라.
(c, d) 위 그림과 같은 질량체(m = 100 kg)에서 가진력의 크기 F_0가 150 N일 때, 변위 응답을 측정하여 기록하니 아래 그림과 같았다. 이 시스템의 비감쇠 고유진동수 ω_n은 2.236 rad/s, 감쇠비 ζ는 0.5 임을 알고 있다. 진폭 측정값을 사용하여 정규화진폭 $\overline{X}$를 구하고, 진동수 비 r과 구동진동수 ω를 구하라.



기 계 진 동 학　　2007년 시험2　해 답

1. (a) (서술)
예. 공진현상이란 구동진동수가 고유진동수와 일치하여 진폭이 무한히 커지는 현상이다.

긍정적 사례 : MRI, 전자렌지, 그네, …
부정적 사례 : 교량 붕괴, …

(b) $T_b = \dfrac{2\pi}{\Delta\omega} \quad \Rightarrow \quad \Delta\omega = \dfrac{2\pi}{T_b}$

$\Rightarrow \quad 2\pi\Delta f = \dfrac{2\pi}{T_b}$

$\Rightarrow \quad \Delta f = \dfrac{1}{T_b} = \dfrac{1}{0.40\ \text{s}} = 2.50\ \text{Hz}$

$f = f_0 \pm \Delta f = 440\ \text{Hz} \pm 2.50\ \text{Hz}$

$= 437.5\ \text{Hz},\ 442.5\ \text{Hz}$

2. (a) X　　$r > \sqrt{2}$ 일 때에는 감쇠가 커지면 전달률이 커짐

(b) X　　$r > 1$ 일 때에는 ω_r이 커질수록 진폭이 작아짐

3. $m = 80\ \text{kg}, \quad c = 300\ \text{N/(m/s)}, \quad k = 6{,}500\ \text{N/m}$
$m_0 = 8\ \text{kg}, \quad e = 0.08\ \text{m},$

$\omega_r = (2\pi\ \text{rad})\ \dfrac{1{,}200\ \text{rev./min}}{60\ \text{s/min}} = 40\pi\ \text{rad/s} = 125.7\ \text{rad/s}$

$\omega_n = \sqrt{\dfrac{k}{m}} = \sqrt{\dfrac{6{,}500\ \text{N/m}}{80\ \text{kg}}} = 9.01\ \text{rad/s}$

$r = \dfrac{\omega_r}{\omega_n} = \dfrac{125.7\ \text{rad/s}}{9.01\ \text{rad/s}} = 13.94$

$\zeta = \dfrac{c}{2\sqrt{mk}} = \dfrac{300\ \text{N/(m/s)}}{2\sqrt{(80\ \text{kg})(6{,}500\ \text{N/m})}} = 0.208$

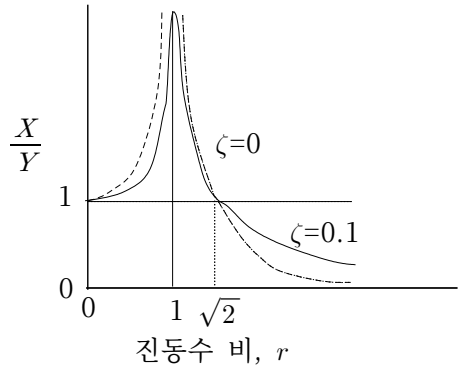
$X_r = \dfrac{m_0 e}{m} \dfrac{r^2}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$

$= \dfrac{(8\ \text{kg})(0.08\ \text{m})}{80\ \text{kg}} \dfrac{13.94^2}{\sqrt{(1-13.94^2)^2 + [2(0.208)(13.94)]^2}}$

$= (0.008\ \text{m})\ (1.0047)$

$= 0.00804\ \text{m} = 8.04\ \text{mm}$

4. (a) $\dfrac{X}{Y} = \dfrac{\sqrt{1+(2\zeta r)^2}}{\sqrt{(1-r^2)^2+(2\zeta r)^2}}$

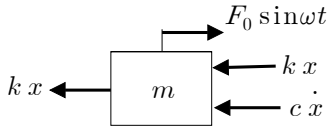


(b) 철봉 : $k \to \infty$, $\omega_n \to \infty$, $r = \dfrac{\omega}{\omega_n} \to 0$ $\Rightarrow$ $\dfrac{X}{Y} \to 1$

스프링 : $k \to 0$, $\omega_n \to 0$, $r = \dfrac{\omega}{\omega_n} \to \infty$ $\Rightarrow$ $\dfrac{X}{Y} \to 0$

(나) 스프링으로 매단 경우, 진동 변위 전달률이 0에 가까우므로 진동 차단에 유리함.

5. (a)



$-kx - kx - c\dot{x} + F_0 \sin\omega t = m\ddot{x}$

$\Rightarrow \quad m\ddot{x} + c\dot{x} + 2kx = F_0 \sin\omega t$

(b) $F_{tr}(t) = kx + c\dot{x}$

$= kX\sin(\omega t - \theta) + c\omega X\cos(\omega t - \theta)$

$= F_T \sin(\omega t - \theta + \theta_1)$

$F_T = \sqrt{k^2 + (c\omega)^2}\, X$

(c) $m = 100$ kg, $F_0 = 150$ N, $\omega_n = 2.236$ rad/s, $\zeta = 0.5$, $X = 0.07$ m

$f_0 = \dfrac{F_0}{m} = \dfrac{150\text{ N}}{100\text{ kg}} = 1.50\text{ m/s}^2$

$\overline{X} = \dfrac{X}{f_0/\omega_n^2} = \dfrac{(0.07\text{ m})(2.236\text{ rad/s})^2}{(1.5\text{ m/s}^2)} = 0.2333$

(d) $\overline{X} = \dfrac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2+(2\zeta r)^2}} \quad \Rightarrow \quad (1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2 = \dfrac{1}{\overline{X}^2}$

$\Rightarrow \quad r^4 - r^2 + 1 - \dfrac{1}{\overline{X}^2} = 0 \quad \Rightarrow \quad r^4 - r^2 + 1 - \dfrac{1}{0.2333^2} = 0 \quad \Rightarrow \quad r^4 - r^2 - 17.37 = 0$

$\Rightarrow \quad r^2 = \dfrac{1 \pm \sqrt{1+4(17.37)}}{2} = 4.698 \quad \Rightarrow \quad r = 2.167$

$r = \dfrac{\omega}{\omega_n} \quad \Rightarrow \quad \omega = r\omega_n = (2.167)\ (2.236\text{ rad/s}) = 4.85\text{ rad/s}$