

2000. 4. 24.

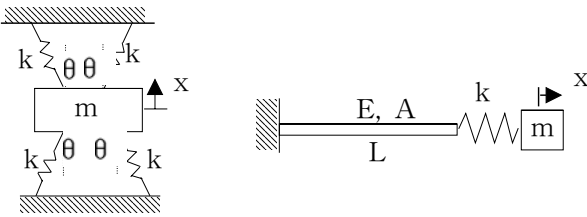
1.[8점] 다음 물음에 답하라. (식 또는 그림 불필요)

- (a) 자유도(degree of freedom)란 무엇인가?
- (b) 억제해야 할 부정적 진동의 사례 다섯 가지는?
- (c) 활용하는 긍정적 진동의 사례 다섯 가지는?
- (d) 공진(resonance)란 무엇인가?

2.[5점] 1자유도 감쇠계가 있는데, 질량 $m = 2 \text{ kg}$, 감쇠계수 $c = 1 \text{ kg/s}$, 강성 $k = 10 \text{ N/m}$ 로 알려져 있다. 초기변위 $x_0 = 0$, 초기속도 $v_0 = 1 \text{ mm/s}$ 일 때, 진동변위 $x(t)$ 를 sine함수 형태로 구하라.

3.[6점] 다음과 같이 수직방향으로만 진동하는 계의 등가스프링상수를 구하라.

- (a) 강성이 k 인 스프링 네 개가 물체의 운동방향과 θ 의 각도를 이루며 그림과 같이 위와 아래에 두 개씩 연결되어 있는 구조.
- (b) 탄성 봉(길이 L , 영률 E , 단면적 A , 질량 무시)의 자유단에 강성 k 인 스프링이 달려 있고, 그 스프링의 끝에 물체가 달려 있는 구조.



4.[4점] 축과 원판으로 이루어져 원판이 회전진동을 하는 1자유도계가 있다. 축은 질량을 무시할 만하고 전단탄성계수 G , 극관성모멘트 J , 길이 L 이다. 원판은 질량 m , 반지름 R 이다. 회전각 $\theta(t)$ 일 때, 축에 축적된 위치에너지와 원판의 운동에너지를 구하라. 또한 이 1자유도계의 고유진동수를 주어진 문자들로 표현하라.

5.[6점] 고속 프레스에서 회전불균형으로 인한 진동이 발생하고 있다. 회전불균형 질량 m_0 , 회전 중심으로부터 불균형 질량까지의 거리 e , 불균형을 포함하는 몸체의 질량 m . 프레스에 나타나는 진동 변위의 진폭 X 를 무차원화 한 결과 다음과 같이 표현되었다.

$$\frac{mX}{m_0e} = \frac{r^2}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$$

여기서 r 은 진동수비(회전진동수/고유진동수), ζ 는 감쇠비(감쇠계수/임계감쇠계수)이다.

(a) ζ 가 0, 0.1, 0.3, 1.0 인 경우에 대해 위의 관계식을 진동수비 r 의 함수로 그래프를 작성하라.

- (b) 진동응답을 줄이기 위하여, 설계 단계에서 진동수비 r 의 값을 0에 가깝게 하고자 한다. 회전수와 전체 질량은 이미 정해져 있을 때, 어떤 방안이 가능한가?
- (c) 제작 후 설치단계에서 감쇠효과가 있는 고무판을 공장 바닥과 프레스 사이에 삽입해놓는다면, 진동수비 r 에 따라 어떤 결과가 나타나겠는가?

6.[5점] 질량 10 kg인 강체가 충격흡수기(강성 $20 \times 10^3 \text{ N/m}$, 점성감쇠계수 $500 \text{ N} \cdot \text{s/m}$)에 매달려 있다. 강체가 처음에는 정지해 있다. 이 강체에 5 Hz에서 60 N의 조화가진이 있을 때, 정상상태(steady-state) 응답의 변위 진폭을 계산하라.

7.[6점] 무게가 2000 N인 기계가 마루에 놓여져 있다. 마루는 기계의 무게에 의해 약 5 cm 변형이 생긴다. 근처에 있는 기계의 운동 때문에 마루는 어느 정도 탄력적으로 공진 근처에서 0.2 cm의 진폭으로 조화운동을 한다. 감쇠비 ζ 가 0.01인 것으로 가정하고 전달되는 힘의 크기와 전달되는 변위의 크기를 계산하라.

8. [5점] MATLAB에 관련된 다음 물음에 답하라.

(a) 다음에 보인 m 파일은 1자유도 감쇠계의 자유진동 응답을 구하는 데에 사용된다. a, b, c, d, e의 의미는 무엇인가?

```
function TEST1(a,b,c,d,e,f)
w=sqrt(c/a);
z=b/2/w/a;
wd=w*sqrt(1-z^2);
t=0:f/1000:f;
A=sqrt(((e+z*w*d)^2+(d*wd)^2)/wd^2);
phi=atan2(d*wd,e+z*w*d);
x=A*exp(-z*w*t).*sin(wd*t+phi);
plot(t,x)
```

(b) 문제6에 주어진 계의 정상상태(steady-state)응답을 구하려 한다. 다음 m 화일을 불러 실행하기 위한 실행문을 한줄로 작성하라.

```
function TEST2(aa,bb,cc,dd,ee,ff)
t=0:.0005*ff:ff;
f0=ee/aa;
w=sqrt(cc/aa);
z=bb/(2*aa*w);
A0=f0/sqrt((w^2-dd^2)^2+(2*z*w*dd)^2);
x=A0*cos(dd*t-atan2(2*z*w*dd,w^2-dd^2));
plot(t,x)
```

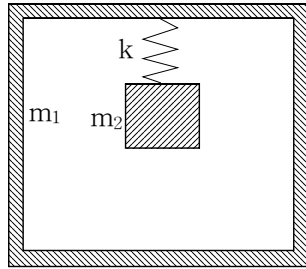
EDU?

2000. 6. 12.

1.[3점] 확정적(deterministic)가진과 불규칙(random)가진의 차이는 무엇인가?

2. [4점] 충격흡수기(shock absorber)에 질량 30kg의 추를 매달고 초기변위를 가한 후 관찰한 응답은 부족 감쇠운동이었다. 응답변위의 극대값이 처음에 20 mm, 그다음에 12 mm로 측정되었다. 이 충격흡수기의 감쇠비 ζ 는 얼마인가?

3-4 질량이 m_1 인 상자 안에 질량이 m_2 인 물체가 강성 k 인 스프링에 매달려있고, 이들이 공중에서 떨어지고 있다. (중력가속도 g)



3. [4점] 적절한 좌표를 설정하고 운동방정식을 유도하라.

4. [4점] 이들이 높이 h 에서부터 자유낙하하여 상자가 땅에 도달하면서 고정되었다면, 이때부터 내부 물체의 운동변위를 시간 t 의 함수로 나타내어라.

* 시간 $t=0$ 인 순간에 가해진 단위 임펄스 $\delta(t)$ 가진에 대한 진동계의 응답은 다음과 같다.

$$x(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ h(t) = \frac{1}{m\omega_d} e^{-\zeta\omega t} \sin \omega_d t & t > 0 \end{cases}$$

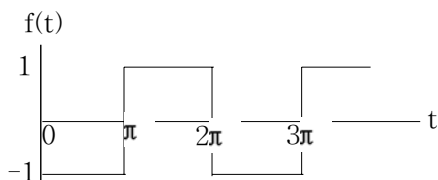
5.[5점] 질량이 m , 강성이 k 인 1자유도 비감쇠계가 정지해 있는 상태에서, 다음과 같은 가진력 $F(t)$ 가 시간 t 가 0인 때부터 가해지고 있다. $t > 0$ 일 때의 응답변위 $x(t)$ 를 구하라. T 는 기준시간.

$$F(t) = \frac{k}{T} t$$

6.[5점] 질량이 2 kg이고 고유진동수가 10 rad/s 인 1 자유도 비감쇠계에 $t=0$ 초 일 때부터 2 N의 힘이 일정하게 가해질 때, 이에 따른 응답을 라플라스 변환기법으로 구하라.

$$L[1] = \frac{1}{s}, L[\sin \omega t] = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}, L[\cos \omega t] = \frac{s}{s^2 + \omega^2}$$

7. [5점] 다음 그림과 같은 주기적 사각파를 Fourier급수로 표현하라.



8.[6점] 질량행렬과 강성행렬이 아래와 같은 2자유도 비감쇠계의 고유진동수와 모드형상을 구하라.

$$M = \begin{bmatrix} 9 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \text{ (kg)}, \quad K = \begin{bmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 4 \end{bmatrix} \text{ (N/m)}$$

9.[4점] 다음과 같이 Fourier급수로 표현된 가진력이 1 자유도 감쇠계(질량 m , 감쇠비 ζ , 비감쇠고유진동수 ω)에 가해질 때, 정상상태응답을 구하라.

$$F(t) = \frac{1}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\pi} \sin nt$$

10.[5점] MATLAB에 관련된 다음 물음에 답하라.

(a) 문제6에 주어진 계의 계단함수 응답을 구하려 한다. 다음 m파일을 불러 실행하기 위한 실행문의 빈칸에 들어갈 수치를 기재하라.

```
function TEST3(a, b, c, d, e, f)
if f==1
    num=d;
    den=[a b c];
else
    zeta=b;
    w=c;
    num=d/a;
    den=[1 2*zeta*w w^2];
end
t=0:e/200:e;
x=step(num,den,t);
plot(t,x)
```

EDU? TEST3(, , , , 10,)

(b) 다음에 보인 m파일은 다자유도 비감쇠계의 자유진동응답을 구하는데에 사용된다. aa, bb, cc, dd, ee의 의미는 각각 무엇인가?

```
function TEST4(aa, bb, cc, dd, ee, ff)
t=0:ee/200:ee;
N=length(aa);
A=[zeros(N) eye(N);-inv(aa)*bb zeros(N)];
B=zeros(2*N,1);
IC=[cc;dd]
[Ad,Bd]=c2d(A,B,t(2)-t(1));
X(1,:)=IC';
for i=2:length(t)
    X(i,:)=X(i-1,:)*Ad;
end
x=X(:,1:N);
:
```

중간시험

2. $x(t) = 0.450 e^{-0.251t} \sin(2.22 t) \text{ mm}$
3. (a) $k_{\text{eq}} = 4 k \cos^2\theta$
 (b) $k_{\text{eq}} = \frac{EAk}{kL + EA}$
4. $V = \frac{GJ}{2L} \theta^2$
 $T = \frac{mR^2}{4} \dot{\theta}^2$
 $\omega = \sqrt{\frac{2GJ}{mR^2L}}$
6. $A_0 = 3.21 \text{ mm}$
7. $X = 0.10 \text{ m}$
 $F_T = 4001 \text{ N}$
8. (a) a: 질량, b: 감쇠계수, c: 강성, d: 초기변위
 e: 초기속도
 (b) TEST2(10, 500, 20000, 31.4, 60, {임의숫자})

학기말시험

2. $\zeta = 0.081$
3. $m_1 \ddot{x}_1 + k x_1 - k x_2 = 0$
 $m_2 \ddot{x}_2 - k x_1 + k x_2 = 0$
4. $x(t) = \sqrt{\frac{2ghm_2}{k}} \sin\sqrt{\frac{k}{m_2}} t$
5. $x(t) = \frac{1}{T} \left(t - \sqrt{\frac{m}{k}} \sin\sqrt{\frac{k}{m}} t \right)$
6. $x(t) = 0.01 (1 - \cos 10t) \text{ m}$
7. $f(t) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{-4}{(2m-1)\pi} \sin(2m-1)t$
8. $\omega_1 = 0.458 \text{ rad/s}$ $\omega_2 = 1.457 \text{ rad/s}$
 $\mathbf{u}_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0.555 \end{Bmatrix}$ $\mathbf{u}_2 = \begin{Bmatrix} -0.124 \\ 1 \end{Bmatrix}$
9. $x(t) = \frac{1}{2m\omega^2} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(nt - \phi_n)$
 $A_n = \frac{-1/n\pi m}{\sqrt{(\omega^2 - n^2)^2 + (2\zeta\omega n)^2}}$
 $\phi_n = \tan^{-1} \frac{2\zeta\omega n}{\omega^2 - n^2}$
10. (a) (2, 0, 200, 2, 10, 1)
 또는 (2, 0, 10, 2, (1 이외의 수))
 (b) aa : 질량행렬, bb : 강성행렬,
 cc : 초기변위벡터, dd : 초기속도벡터
 ee : 시간 범위