

< Critical Velocity >

담당조교 : 배종혁

1. 실험 목적

고유진동수가 무엇인지 알아보고 왜 생기는지 이해하며 실험을 통해 어떻게 발생하는지 알아본다. 이 실험을 통하여 축상에서 공진이 발생하는 과정을 확인하고 축과 베어링 장치에서 하중이 가해지는 상태에 따라 critical velocity가 어떻게 달라지는지 알아보고 이로부터 실제로 기계 설계 시 어떻게 적용을 하는지 고려해 본다.

2. 실험 이론

- 비감쇠 강제 조화 진동

조화적으로 변하는 힘을 받는 간단한 1자유도계의 스프링-질량계의 운동을 생각해 보자. F_1 은 주어진 힘의 최대값이며 ω 는 힘 $F(t)$ 를 변화게 하는 진동수로 rad/sec 로 표시된다.

Newton의 제 2법칙에 의해서

$$\sum F = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad -kx + F(t) = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (1)$$

가속도는 주어진 힘과 같은 방향이고, 스프링의 힘은 주어진 힘과 반대방향이다. 각 항을 정리하고 x좌표 방향으로 스칼라 성분을 이용하면

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = F_1 \sin \omega t \quad (2)$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = \frac{F_1}{m} \sin \omega t \quad (3)$$

과도 진동은 곧 소멸된다고 가정하면, 정상상태 응답(steady state response)의 형태는

$$x = \frac{F_1/k}{1-r^2} \sin \omega t \quad (4)$$

여기서 $r = \frac{\omega}{\omega_n}$ 이고, $\omega_n^2 = \frac{k}{m}$ 이다. 이 때 여기서 가진 진동수 ω 가 고유진동수

ω_n 과 일치하게 되면, 즉 ‘진동수 비 = 1’이 되면서 위의 식에서 알 수 있듯이 진폭 x는 무한대가 된다. 이를 공진(resonance)이라고 한다. 한편 공진 점에서의 진동의 거동은 앞에서 구한 운동방정식의 특이 해에 의하여 유추할 수 있다 공진할 때에 운동방정식은 아래와 같다.

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_n^2 x = \frac{F_1}{m} \sin \omega_n t \quad (5)$$

이 경우의 해는 다음과 같은 형태를 갖는다.

$$x = A_1 t \sin \omega_n t + A_2 t \cos \omega_n t \quad (6)$$

이 식을 식(5)에 대입하여, A_1 , A_2 를 구하면

$$x = -\frac{F}{2\sqrt{km}} t \cos \omega_n t \quad (7)$$

- 실험 장치

Critical Revolution Experimental Apparatus

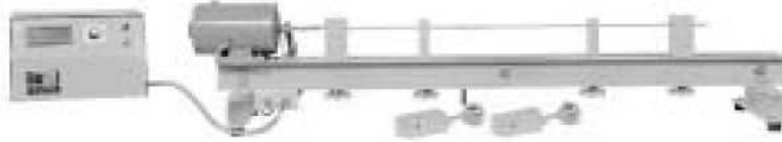


그림 1_Model(CRE-6-2500A TOKYO METER)

- 실험 계산식

하중이 없을 때의 임계속도(N_0)

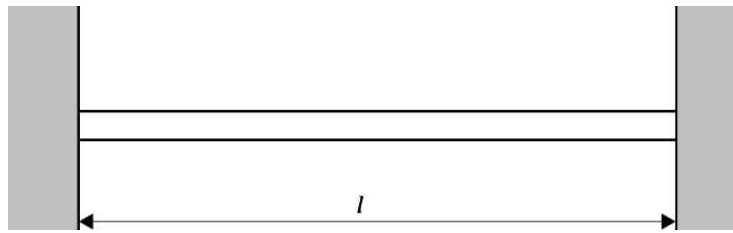


그림 2_하중이 없을 때

$$N_0 = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{4.73}{l} \right)^2 \sqrt{\frac{EIg}{A\gamma}} 60 \quad (8)$$

하중이 축의 1/2 지점에 위치할 때의 임계속도(N_{01})

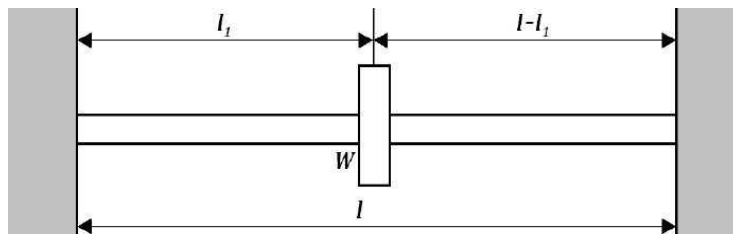


그림 3_하중이 축의 1/2지점에 위치할 때

$$l_1 = \frac{1}{2}l \quad (9)$$

$$N_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EIgl^3}{W_1^3(l-l_1)^3}} 60 \quad (10)$$

$$\frac{1}{N_{01}^2} = \frac{1}{N_0^2} + \frac{1}{N_1^2} \quad (11)$$

하중이 축의 1/4지점에 위치할 때의 임계속도(N_{02})

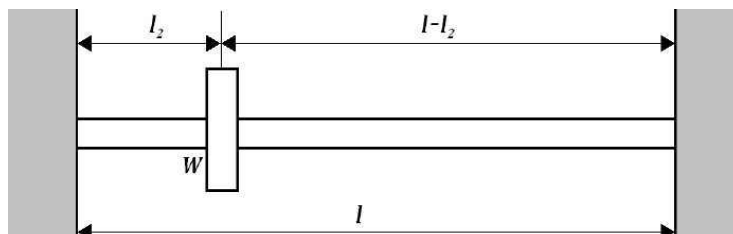


그림 4_하중이 축의 1/4지점에 위치할 때

$$l_2 = \frac{1}{4}l \quad (12)$$

$$N_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3EIgl^3}{W_2^3(l-l_2)^3}} 60 \quad (13)$$

$$\frac{1}{N_{02}^2} = \frac{1}{N_0^2} + \frac{1}{N_2^2} \quad (14)$$

3. 실험 방법

- ① 축의 양 끝부분을 저널 베어링으로 지지한 후 아무런 하중을 가하지 않은 상태에서 모터를 작동시킨다.
- ② 회전 속도계의 Revolution Adjust를 서서히 돌려 회전속도를 증가시킨다.
- ③ 축의 진동이 가장 클 때의 임계속도를 찾는다.
- ④ 속도를 다시 줄여가며 마찬가지로 임계 속도를 찾는다.
- ⑤ 이와 같은 방법으로 3번을 실행한다.
- ⑥ 축의 1/2지점에 하중을 준 상태에서 실험을 행한다.
- ⑦ 축의 1/4지점에 하중을 준 상태에서 실험을 행한다.
- ⑧ 데이터를 분석하고 이론값과 비교하여 결과를 도출한다.

4. Parameter

Diameter	d [m]	6.00×10^{-3}
Selection Area	A [m^2] ($\frac{\pi}{4}d^2$)	2.83×10^{-5}
Geometric Moment of Inertia	I [m^4] ($\frac{\pi}{64}d^4$)	6.36×10^{-11}
Young's Modulus	E [kg/m^2]	1.97×10^{10}
Specific Weight	γ [kg/m^3]	7.90×10^3
Weight	W [g]	83.1

5. 주의사항

- Revolution Adjust를 천천히 돌리면서 약간 씩 대기시간을 갖고 올릴 것
- 축의 진동이 최대가 될 때는 이미 그 짧은 시간에 RPM 수가 증가해 있으므로 유심히 관찰할 것

6. 실험 결과

N	$l = 0.7m$	$l = 0.35m$	$l = 0.175m$
1			
2			
3			
Mean			
Cal. rpm			
오차율(%)			

※ 참 고

- 보고서는 반드시 조 편성 시 받은 hand-out을 기초로 하고 결과 및 고찰을 꼭 포함시킬 것.
- 채점기준 : hand-out을 기초로 함
- 보고서 제출 기한 : 실험 후 1주일 이내(1공학관 520호(수))
- E-mail 제출 : jh2102@naver.com [배종혁]

(E-mail 제목, 파일명 동일하게 보낼 것)

* 파일명 예시 - Critical Velocity_A반1조_32141234_배종혁.hwp(.doc)