기계공학실험 1

보의 처짐(Deflection of Beams)

담당조교 : 조예현

단면 치수에 비해서 상당히 긴 구조용 부재가 적당한 방법으로 지지되어 있고, 그 중심축을 포함하는 평면 내에서 부재를 굽히려는 가로 하중(lateral load)을 받는 경우에 그 부재를 보(beam)라 한다. 작용하중에 따라 각종 보에 발생하는 전단력과 굽힘 모멘트의 분포상태를 파악하는 것은 보의 설계에 기초가 된다.

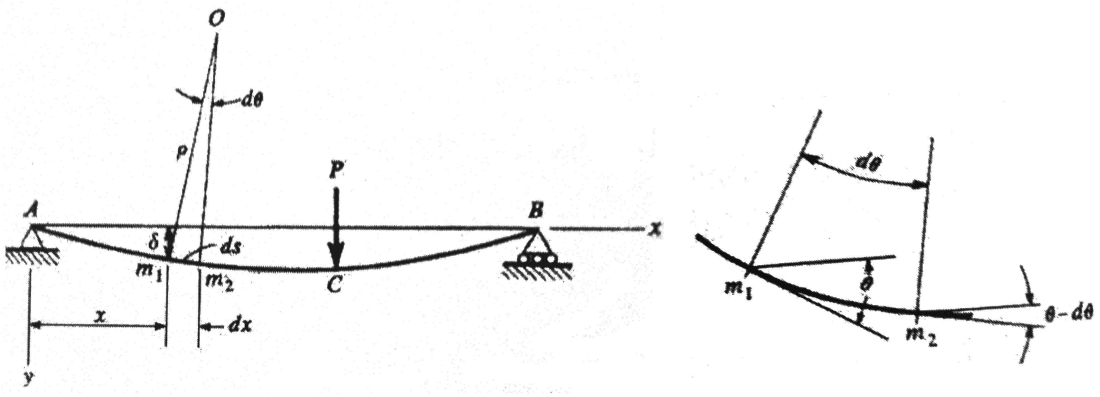
보에 하중이 작용하면 변형이 일어날 것이고, 보의 길이 방향의 축(longitudinal axis)은 곡선으로 변형 된다. 보의 최대 처짐량(maximum deflection)은 건물을 설계할 때 중요한 역할을 하는 변수이며, 전동축의 경우에도 처짐각과 처짐량은 굽힘 강성설계에서 매우 중요한 설계인자로 사용되고 있다.

1. 실험 목적

양단 고정지지보에 집중하중 및 굽힘 모멘트를 가하였을 때 발생하는 보의 처짐량을 측정하고, 측정된 실험값과 계산으로 얻어진 이론값의 차이를 비교한다.

2. 실험 이론

그림과 같은 단순보 AB에 하중 P를 가하면, 보의 중심선 AB는 곡선 ACB로 변형된다. 이 곡선 ACB를 보의 처짐 곡선(deflection curve)이라 부른다.



(a) (b)

그림. 보의 처짐 곡선

처짐곡선은 축방향의 좌표 x에 대한 처짐량의 함수로 나타내어질 수 있으며, 보의 각점에서 발생하는 처짐은 그 점에서의 모멘트에 관계되는 함수로 다음과 같이 표현한다.

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = -\frac{M}{EI} \qquad \cdots(1)$$

이 곡률과 보의 처짐 곡선의 방정식 사이의 관계는 그림 (a) 와 같이 미소길이 ds 만큼 떨어진 두 점 m_1과 m_2를 고려하여 얻을 수 있다. 이 두 점에서 보의 처짐 곡선에 접선을 긋고, m_1점 및 m_2점에서 접선에 수직선을 세우면 두 수직선은 곡률의 중심 O 에서 만나게 될 것이다. 여기서 m_1점에서 그은 접선과 x축이 이루는 각을 θ, m_2점에서 그은 접선과 x축이 이루는 각을 $\theta - d\theta$라 하면, Om_1과 Om_2가 이루는 각은 $d\theta$가 된다. 그림 (a)에서 $ds = \rho d\theta$이므로 곡률은 다음과 같다.

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{d\theta}{ds} \qquad \cdots(2)$$

곡률은 식 (2)에서 처짐 곡선을 따라 측정한 거리 s에 대한 각 θ의 변화율이다. 실제의 경우 보의 처짐은 대단히 작기 때문에 각 θ와 곡선의 경사각은 대단히 작은 양이다.

따라서, $ds \simeq dx$, $\tan\theta \simeq \frac{dy}{dx}$이고 y는 보의 처짐량으로 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다. 식(1)과 (3)을 조합하여 식 (4)와 같이 처짐 곡선의 방정식을 유도할 수 있다.

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{d\theta}{dx} = \frac{d^2y}{dx^2} \qquad \cdots(3)$$

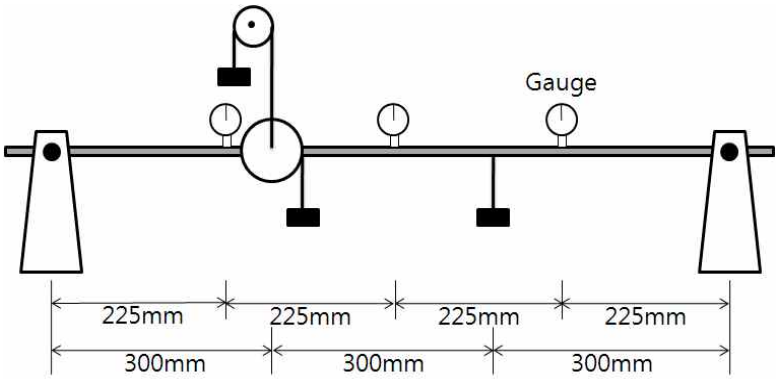
$$\therefore \frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M(x)}{EI} \qquad \cdots(4)$$

※ 중첩법의 소개

기울기와 처짐을 구하는 일반적인 방법인 중첩법은 중첩의 원리에 근거한다. 구조물의 응답이 선형적이면, 동시에 작용하는 여러 하중의 효과는 개개의 하중의 효과를 중첩함으로써 구할 수 있다. “선형응답”이라함은 원인(하중)과 결과(내력과 변형) 사이의 관계가 선형적이라는 것을 의미한다. 선형 응답에 대해 두 개의 필요조건은 (1) 재료는 Hooke의 법칙을 따라야 한다. (2) 변형은 기하학적 특성에 주는 영향이 무시될 만큼 충분히 작아야 한다. 중첩법은 단순한 형태의 하중에 대해 이미 알고 있는 변위와 기울기로 사용하여 더 복잡한 하중에 대한 변형을 구할 수 있게 해준다.

3. 실험 장치

다음은 실험장치의 개략도이다.



	Material Properties of Beam
E	$2.05\times10^5\ N/mm^2$
I	$56.25\ mm^4\ (25\times3)$

※ 디스크 직경 : 75 ㎜

4. 실험 방법

※ 양단을 고정지지보로 설정하여 아래의 실험을 각각 실시한다.

1) 집중하중

① 보는 양단이 고정되도록 조정한다.
② 게이지의 초기 상태를 조정하고 눈금을 0이 되도록 조절한다.
③ 보의 오른쪽으로부터 1/3지점에 추를 달아 집중하중을 가해준다.
④ 3개의 게이지의 처짐량을 측정하여 기록한다.
⑤ 추의 무게를 변화시키며 실험을 ①부터 ④까지 반복한다.

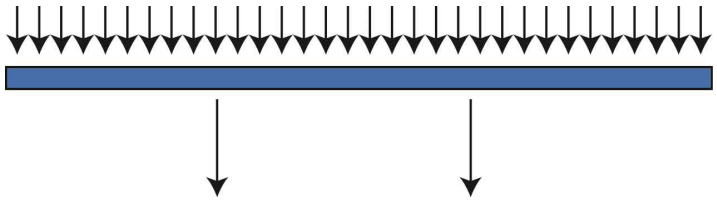
2) 모멘트

① 보는 양단이 고정되도록 조정한다.
② 게이지의 초기 상태를 조정하고 눈금을 0이 되도록 조절한다.
③ 보의 왼쪽으로부터 1/3지점에 위치한 디스크에 추를 접선방향으로 달아준다.
④ 모멘트만 가해지도록 반대방향으로 추의 무게와 같은 하중을 준다.

⑤ 3개의 게이지의 처짐량을 측정하여 기록한다.
⑥ 추의 무게를 변화시키며 실험을 ①부터 ⑤까지 반복한다.

3) 보의 자중 및 실험장치

보의 자중(0.71 kg)으로 인한 균일 분포하중과 모멘트 실험장치(0.4 kg)와 집중하중 실험장치(0.175 kg)에 의한 집중하중으로 인한 처짐(Gauge 1: 1.40 ㎜, Gauge 2: 2.49 ㎜, Gauge 3: 1.32 ㎜)



5. 실험 결과

◎ 집중하중(P) (단위: ㎜)

추의 무게	Gauge	실험값	이론값	오차율
5N	1			
	2			
	3			
10N	1			
	2			
	3			

◎ 모멘트(M) (단위: ㎜)

추의 무게	Gauge	실험값	이론값	오차율
5N	1			
	2			
	3			
10N	1			
	2			
	3			

◎ 복합하중(P+M) (단위: ㎜)

추의 무게	Gauge	실험값	이론값	오차율
P : 5N M : 5N	1			
	2			
	3			
P : 5N M : 10N	1			
	2			
	3			
P : 10N M : 5N	1			
	2			
	3			
P : 10N M : 10N	1			
	2			
	3			
P : ___N M : ___N	1			
	2			
	3			

6. 결과분석 및 고찰

7. 참고 문헌

※ 보고서 제출 시 포함 내용

1) 이론값(계산과정 포함)과 실험값 비교 (실험장치 자중포함)
2) 실험값 및 이론값 비교 그래프
3) 결과분석 및 고찰(아래내용 포함)
   - 각 실험의 처짐량 비교
   - 실험값과 이론값 비교
   - 오차 발생 시 원인 분석

· 제출 기한 : 실험일로부터 1주일 이내
· 제출 장소 : 제1공학관 503호
  아래의 주소로 E-mail 제출도 함께 해야 함.
· E-mail 제출 시 첨부 파일명과 제목
  예) 실험1_보의처짐_A반3조_32000000_홍길동
· E-mail : otpi417@naver.com