

제 7 장 보의 스프링 상수 (LVDT)

1. 목 적

보(Beam)의 탄성 계수를 여러가지 방법으로 구하여 보자. 고체 역학을 배운 사람은, 재료의 탄성 계수 E (Modulus of Elasticity)를 Table에서 찾아 보의 치수(Dimension)을 결합하면 보의 스프링 상수 K (Stiffness)를 계산할 수 있으나, 실제 Table에 나타난 탄성 계수의 값은 상당히 변동이 큰 데이터를 대체적으로 평균한 값이기 때문에 유효 자리 숫자도 적고 정확하지가 않다. 따라서 본 장에서는 계산 외에 실험적 방법을 익히면서 스프링 상수를 중심으로 한 고체 역학의 개념들을 익히고자 한다.

참고로 『5장 진동학/전달함수』에서 자기유도를 이용한 코일을 사용하여 진폭을 구한 일이 있을 것이다. 좀더 깊이 있는 실험을 하고자 하는 학생은 5장 실험의 자석과 코일을 이용한 센서 부분을 본 실험의 LVDT로 대체하고 A/D Converter와 PC/AT를 이용하여 Data Acquisition을 한 후 FFT Program을 이용한 실험을 할 수도 있다.

2. 예습부문

- (1) Mechanical Measurements(4th Ed.), T. G. Beckwith & R. D. Marangoni, pp. 393-397, 405-426
- (2) Mechanics of Materials, Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston, Jr.
- (3) Experimental Stress Analysis, J. W. Dally, W. F. Riley

3. 실험장치

- (1) Oscilloscope, FG, DMM
- (2) FG, DMM
- (3) Aluminum Beam
- (4) Beam Jig, 질량추, Stand
- (5) Stand
- (6) LVDT

4. 이론

4.1 계산에 의한 방법

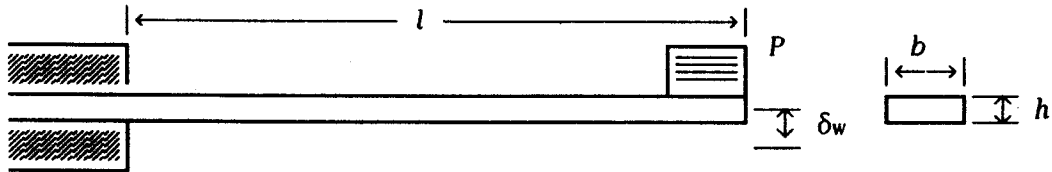


Fig.7.1.

Fig.7.1에서와 같은 Beam에서 스프링상수(Stiffness) K 는 위치에 따라 변할 것이다. 이를테면 Beam의 끝으로 갈수록 K 가 작아질 것이 틀림없다. 흔히 들 Beam의 스프링상수라 하면 Beam의 끝에서의 값을 의미하며, 이것은 Beam의 끝에 기준하여 하중 P 와 이에 상응하는 변위 δ_w 로써 정의할 수 있다. 즉

$$K = \frac{P}{\delta_w} \quad (1)$$

라 할 수 있다.

고체 역학에서는 Beam의 끝에 하중 P 가 가하여지면 변위 δ_w 는 다음과 같이 됨을 보여 주고 있다.

$$\delta_w = \frac{l^3 P}{3EI} \quad (2)$$

여기서 I 는 직사각형 단면의 Moment of Inertia이므로

$$I = \frac{1}{12} b h^3 \quad (3)$$

이다. 따라서 식 (1)에 (2), (3)을 대입하면 다음과 같이 K 를 계산으로 구할 수 있다.

$$K = \frac{bh^3 E}{4l^3} \quad (4)$$

4.2 Static Force-Deflection method

가장 간단한 방법으로서, 직접 P 의 힘을 가하고 이에 다른 변위를 측정하여 K 를 구한다. 여기서 중요한 것은, 어떻게 하면 미소한 변위를 정밀하게 측정할 것인가이다. 흔히 많이 쓰는 버니어 캘리퍼스나 마이크로미터는 접촉이

(2) 원리 및 사용법

Fig.7.3은 AC-Type LVDT의 구조를 나타낸 것으로서 갈색, 노랑색으로 나타낸 1차 코일과 흑색, 녹색과 청색, 적색으로 나타낸 2개의 2차 코일 사이에 철심이 놓여 있다. 1차 코일에 Function Generator를 이용하여 sine wave(교류전원)를 가하면 2차 코일에 전압이 유도될 것이며 철심이 그 사이에 놓여 있으면 유도 기전력은 더욱 커질 것이다. 철심의 위치와 유도 기전력의 크기가 선형적으로 비례하도록 코일의 배치를 기술적으로 하여 만든 것이 AC-Type LVDT이다.

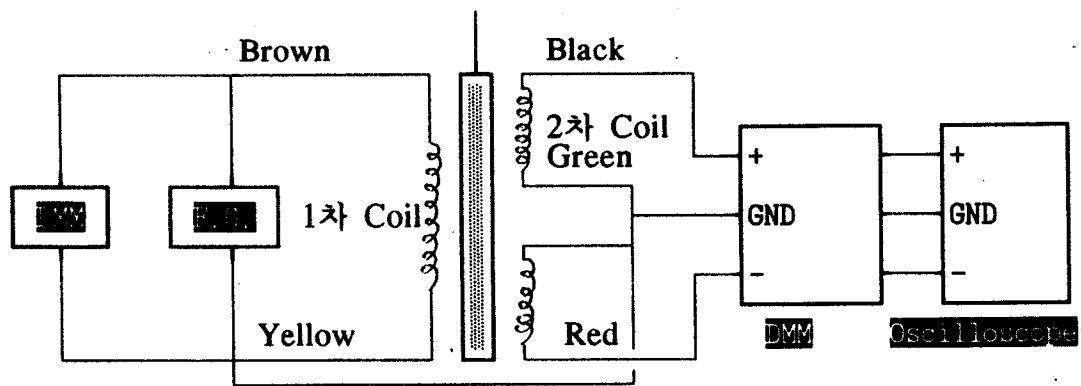


Fig.7.4 LVDT 결선방법

Fig.7.4는 LVDT의 결선 방법을 나타낸 것이다. 먼저 Input단자에 (+)와 GND에 맞게 FG로부터 3.5kHz, 2V_{rms} 정도의 sine wave를 가하고 DVM으로 그 값을 읽는다. Output 단자에는 (+), GND, (-)에 맞게 DMM을 연결하는데 만일 GND가 없는 DMM의 경우에는 (+), (-)만 연결하고, GND가 있는 DVM의 경우에는 그림과 같이 연결하되 GND를 Float시켜야 한다. 이 신호를 Oscilloscope로 관찰하고자 하는 경우, Differential Input이 있는 Oscilloscope는 그림과 같이 연결하면 되나 일반적인 2-Channel Oscilloscope의 경우에는 (+)와 (-)를 각각 Channel에 연결하고 Subtraction 기능을 수행하여야 한다. Input과 Output의 GND는 연결하도록 한다.

(3) 변위로의 환산

LVDT의 각각에 대한 Calibration Data가 Table에 나타나 있다. 이것은 3개의 Coil과 Core를 결합하여 측정한 값으로서 그 LVDT에만 적용되는 것이다. 따라서 Core가 서로 바뀌지 않도록 주의하여야 한다.

각각의 Core와 Coil case에 번호를 붙여 놓았으니 유의하여야 한다. Table 7.1을 보면 Input이 3.5kHz, 2.20 V_{rms} sine wave일 경우 Output에서 100kΩ의 Load(혹은 측정기의 Input Impedance)에 대해 Sensitivity α가 9.573 mV/V.mm라고 나타나 있다. Sensitivity가 9.573 mV/V.mm라 함은 Input 1V에 대해 위치 변화가 1 mm이면 9.573 mV의 차이가 난다는 뜻이다. 따라서 다음과 같이 변위를 구한다.


$$\text{변위}(\delta_w) = \frac{V_{out}[\text{mV}]}{\alpha [\text{mV/V.mm}] V_{in}[\text{V}]} \quad (5)$$

단 변위는 Table 7.1에서와 같이 ±50mm이내 이어야 한다.

Table 7.1 Schaevitz LVDT Test & Inspection Data

SCHAEVITZ engineering			
07-18-91			
MODEL M12 50 S/N 215			
SCHAEVITZ PART NO. 02560954-000			
EXCITATION = 2.123 VAC @ .3500Hz			
NULL = .6 mVrms			
mm	AC VOLTS	CALC VOLTS	DEVS.
-49.988	-1.054	-1.050	-0.005
-49.006	-0.837	-0.840	+0.003
-39.014	-0.628	-0.630	+0.003
-29.016	-0.418	-0.421	+0.003
-19.012	-0.210	-0.211	+0.001
+9.984	+0.206	+0.209	-0.002
+19.978	+0.415	+0.418	-0.003
+29.986	+0.624	+0.628	-0.004
+39.980	+0.838	+0.838	-0.001
+49.972	+1.053	+1.048	+0.005
LINEARITY = 0.25%			
SENS = 9.88 mV/V/mm			

Table 7.1 Schaevitz LVDT Test & Inspection Data (Continued)

 <p style="margin: 0;">LINEAR VARIABLE DIFFERENTIAL TRANSFORMERS</p> <p style="margin: 0;">TEST AND INSPECTION DATA</p>
--

Type M12-50 Serial No. 215 Range \pm 50mm

PLEASE READ BEFORE USING THIS TRANSDUCER

This measurement device is manufactured to high precision standards. Our factory checks prior to shipment assure its performance. To obtain the optimum performance in your application, handle and install with care. Do not machine, grind or tap core and coil assembly. Core and coils are matched sets; for best performance do not interchange cores.

TEST CONDITIONS

Primary Connections	<u>yellow</u> and <u>brown</u>	
	<input checked="" type="checkbox"/> grounded	<input type="checkbox"/> not grounded
Secondary Connections	<u>black</u> and <u>red</u>	
	<input checked="" type="checkbox"/> grounded	<input type="checkbox"/> not grounded
Secondary Midpoints	<u>(a) green</u> <u>(b) blue</u>	
	<input checked="" type="checkbox"/> (a) tied to (b)	<input type="checkbox"/> (a) not tied to (b)
Case Connections	<input type="checkbox"/> grounded	<input checked="" type="checkbox"/> not grounded
Primary Excitation	<u>2.12</u> volts at <u>3.5K</u> Hz	
Secondary Load	<u>0.5</u> Meg ohms (in parallel with _____ mfd)	

TEST DATA

Displacement	± _____ inches
Output	_____ volts
	_____ volts/input volts
Linearity	± _____ % of full range output
Null (Combined Quadrature and Harmonics)	_____ mv (rms)
Output-to-Input Phase Angle	_____ degrees <input type="checkbox"/> leading (+) <input type="checkbox"/> lagging (-)
Special Tests	_____ _____

INSPECTION

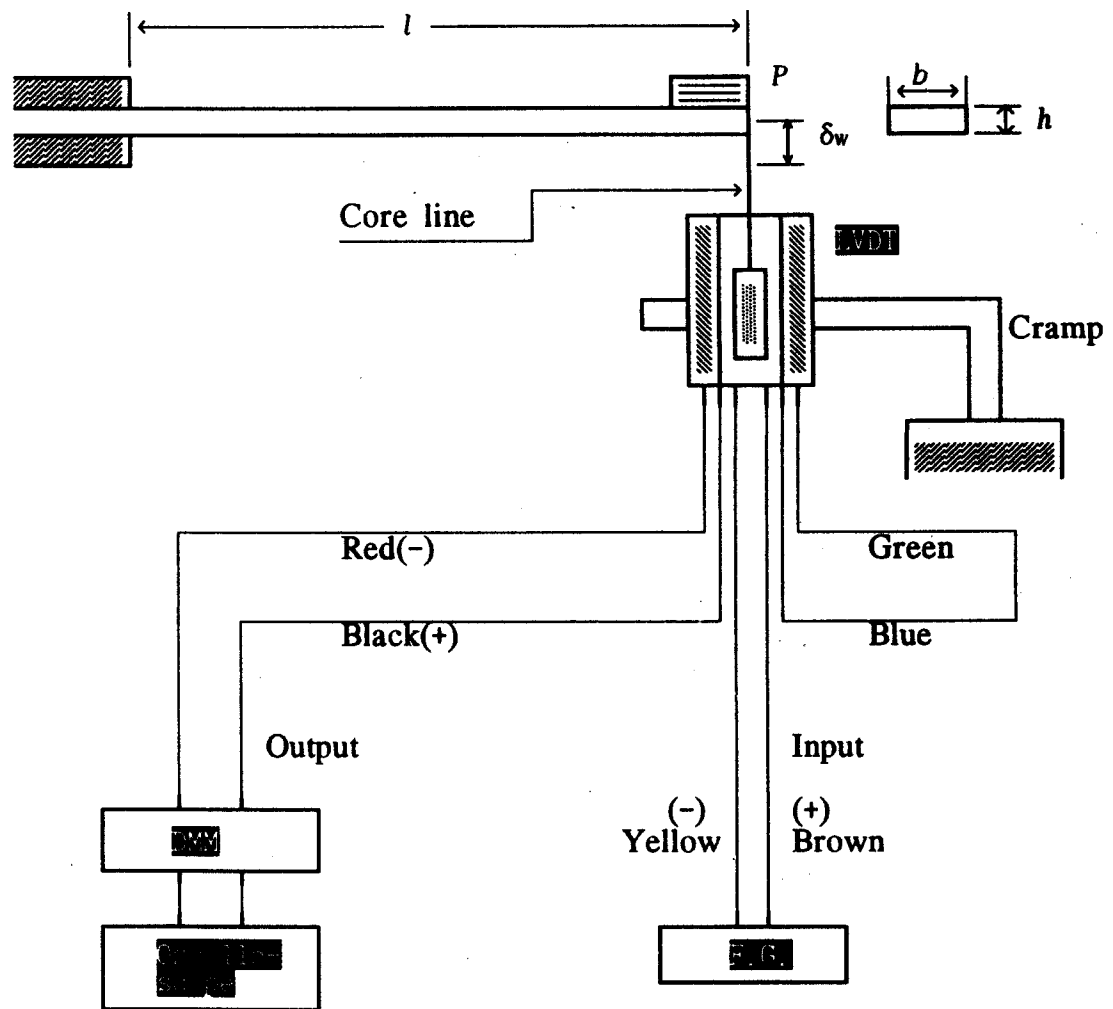
<input checked="" type="checkbox"/> Workmanship	<input checked="" type="checkbox"/> High Voltage Test
<input checked="" type="checkbox"/> Completeness of Assembly	

REMARKS**ACCEPTANCE**

Tested by _____	Date _____
Inspected by _____	Date _____

실 험 7 : 보의 스프링 상수 (LVDT)

1. Experimental Set up



2. LVDT 단자의 연결법

- (1) Yellow와 Brown에 입력을 연결한다. 이때 입력은 F.G.로부터 3.5kHz, 2.2 V_{rms} 의 sine wave가 되도록 한다.

* 입력단자를 연결할때는 F.G.의 'HI' output 단자와 연결한다. F.G.와 LVDT를 연결하기 전에 F.G.와 counter를 연결하여 3.5kHz가 나오는가 확

인한다. 또한 F.G.와 DMM을 연결하여 Amplitude 손잡이를 좌우로 회전시키면서 2.2 V_{rms} 값이 나오도록 한다.

(2) Black는 「+」출력, Red는 「-」출력, 이 때 출력단자는 scope와 DMM에 동시에 연결한다.

*입·출력 단자의 scope range는 2 VOLT/DIV으로 한다.

(3) Green과 Blue와 공통으로 묶는다. (ground 시킨다.)

3. 실험방법

(1) 『 $P = 0$ 』일때 Core line을 조절하여 『 $V_{out} = 0$ 』이 되도록 하고 Core line을 고정한다.

* 이때 Core line을 움직여 가면서 DMM에 표시되는 V_{out} 의 변화와 scope에 나타나는 모양이 어떻게 변화하는지 관찰한다.

(2) P 를 변화시켜가면서 V_{out} 를 측정한다.

(3) LVDT의 sensitivity coefficient를 알아본다.

* 각 LVDT마다 sensitivity coefficient(mV/V.mm)가 표시되어 있다.

(4) V_{out} 과 sensitivity coefficient a 로 부터 변위 δ_w 를 구한다.

$$\delta_w = \frac{V_{out}}{a V_{in}}$$

(5) (4)번의 δ_w 로부터 Beam stiffness K 를 구한다.

$$K = \frac{P}{\delta_w}$$

$$V_{in} = 2.2 \text{ V}$$

[illegible]