การทดลองทางมาตรวิทยา - I

Pressure Calibration

1. วัตถุประสงค์

1.1. เพื่อให้ทราบถึงวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดความดันโดยใช้ Dead Weight Tester ได้

1.2. เพื่อให้ทราบถึงวิธีการหาค่าความไม่แน่นอนของการวัดความดันโดยใช้ Dead Weight

2. อุปกรณ์การทดลอง

2.1. Hydraulic Dead Weight Tester
Range 1-15 bar
Accuracy 0.1% of Reading

2.2. Bourdon Gauge
Range 0-10 bar
Accuracy 1% of Full Scale

2.3. ถุงมือ

2.4. ไม้บรรทัด

3. Uncertainty of Pressure Measurement

ตาม ISO TAG : 4 1993 “ Expression of Uncertainty in Measurement ” การประเมินค่าความไม่แน่นอนของการวัด สามารถประเมินโดยนำข้อมูลจากการสอบเทียบและ Standard ที่ใช้มาคำนวณจากสมการ

$$U = ku_c$$

เมื่อ U = Expanded Uncertainty (Total Uncertainty)

k = Coverage Factor (95% Confidence Level)

u_c = Combined Standard Uncertainty

$$u_c = \sqrt{u_a^2 + u_b^2}$$

u_a = Type A Uncertainty

u_b = Type B Uncertainty

3.1 Type A Uncertainty
- 3.1.1 Repeatability of Dead Weight Tester
- 3.1.2 Repeatability of Pressure Gauge

3.2 Type B Uncertainty
- 3.2.1 Uncertainty of Dead Weight Tester
- 3.2.2 Long term Stability Drift Of Dead Weight Tester
- 3.2.3 Readability or Resolution of Pressure Gauge
- 3.2.4 Uncertainty of Fluid Head
- 3.2.5 Uncertainty of Local Gravity

3.2.6 Etc. (ex. Uncertainty of Air Buoyancy, Temperature effect etc.)

Correction for Generated Pressure

Fluid Head Correction

สำหรับ Hydraulic Dead Weight Tester model HL-15B AMETEK มีค่า 0.031 psi ต่อนิ้วความสูง ซึ่งวัดจากระยะแตกต่างของ PISTON เมื่อลอยอยู่ในระดับ Mid Stroke กับที่จุดต่อ Pressure Gauge

Local Gravity

ใช้สูตร $$P_g = P \times \frac{g}{9.80665}$$

4. วิธีทดลอง

4.1. การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์

4.1.1. ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นให้เป็นไปตามข้อกำหนด

4.1.2. ทำความสะอาด Dead Weight Tester และ Pressure Gauge ที่จะทำการสอบเทียบ

4.1.3. ทำความสะอาด Dead Weight (แผ่นน้ำหนัก) โดยใช้ผ้าสะอาดเช็ดก่อน

4.1.4. วางเครื่อง Dead Weight Tester และ Pressure Gauge ไว้ในห้องปฏิบัติการนานพอ เพื่อให้อุณหภูมิของเครื่องมือวัดเท่ากันและคงที่

4.1.5. ปรับระดับของ Dead Weight Tester

4.1.6. ติดตั้ง Pressure Gauge เข้ากับ Dead Weight Tester

4.1.7. การอัดความดัน

4.1.7.1 เปิดวาล์วทั้งสองตัว (Oil Reservoir Valve and Output Valve)

4.1.7.2. เติมน้ำมันให้มีระดับอยู่ประมาณ 3 ใน 4 ของ Oil Reservoir

4.1.7.3. ปิด Output Valve และหมุน Screw Pump ทวนเข็มนาฬิกากระทั่งน้ำมันเข้าไปอยู่ใน Pump

4.1.7.4. เปิด Output Valve และปิด Oil Reservoir Valve

4.1.7.5. หมุน Screw Pump ช้าๆ ตามเข็มนาฬิกา กระทั่งไม่มีฟองอากาศออกจากน้ำมันและขึ้นไปยังช่วงต่อ Pressure Gauge ถ้าหมุนจนสุดแล้วแต่อากาศยังออไม่หมด ให้หมุน Screw Pump ทวนเข็มนาฬิกาจนสุด แล้วหมุน Screw Pump ช้าๆ ตามเข็มนาฬิกาอีก

4.1.7.6. วางแผ่นน้ำหนักบน Carrying Tube หมุน Screw Pump เพื่ออัดความดันกระทั่ง Piston ยกให้แผ่นน้ำหนักลอยขึ้น แล้วหมุนแผ่นน้ำหนักด้วยความเร็วประมาณ 10-30 RPM เพื่อลดแรงเสียดทาน ใช้ Screw Pump ปรับให้แผ่นน้ำหนักลอยในระดับ Mid Stroke

ข้อควรระวัง

ห้ามเปิด Oil Reservoir Valve ขณะจ่ายความดัน เพราะจะทำให้ความดันที่เกิดขึ้นดันน้ำมันจาก Dead Weight Tester ออกมายัง Oil Reservoir และผู้สอบเทียบ!!!

4.1.7.7. Check การรั่ว (Leak) ตามข้อหรือจุดต่อต่างๆ

4.1.7.8. เตรียมเอกสารที่ต้องใช้ เช่น Work Sheet, Manual etc.

4.2 การสอบเทียบ

4.2.1. วอร์ม Pressure Gauge หรือ Pre-load Dead Weight Tester ที่ Maximum Pressure 3 ครั้ง

4.2.2. เริ่มทำการสอบเทียบที่จุดแรกจุดที่ 2 จุดที่ 3 จุดที่ 4 จุดที่ 5 จุดที่ 6 โดยเลือกที่ 0, 20, 40, 60, 80, 100% ของสเกลหรือเลือกจุดที่ใกล้เคียงได้ตามลำดับ โดยใช้ความดันมาตรฐานที่ Dead Weight Tester สร้างขึ้น เป็นการสอบเทียบโดยเพิ่มความดัน (Rinsing Pressure)

<u>หมายเหตุ</u> การเพิ่มความดันจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดมีวิธีการดังนี้

4.2.2.1 ปิด Output Valve เพื่อเก็บความดันใน Pressure Gauge

4.2.2.2 หมุน Screw Pump เพื่อให้แผ่นน้ำหนักที่ลอยอยู่ตกลงมาจนสุด

4.2.2.3 ใส่แผ่นน้ำหนักตามค่าความดันที่ต้องการ

4.2.2.4 หมุน Screw Pump ให้แผ่นน้ำหนักลอยอยู่ที่ระดับ Mid Stroke

4.2.2.5 เปิด Output Valve

4.2.2.6 ใช้ Screw Pump ปรับให้แผ่นน้ำหนักลอยระดับ Mid Stroke

4.2.3. สอบเทียบโดยลดความดัน (Falling Pressure) จากจุดสุดท้าย 100% ย้อนกลับมายังจุดเริ่มต้นใหม่ตามลำดับ

<u>หมายเหตุ</u> การลดความดันจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง มีวิธีดังนี้

4.2.3.1 ปิด Out Put Valve เพื่อเก็บความดันใน Pressure Gauge

4.2.3.2 หมุน Screw Pump เพื่อให้น้ำหนักที่ลอยอยู่ตกลงมาจนสุด

4.2.3.3 ใส่แผ่นน้ำหนักตามค่าความดันที่ต้องการ

4.2.3.4 เปิด Output Valve

4.2.3.5 ใช้ Screw Pump ปรับให้แผ่นน้ำหนักลอยระดับ Mid Stroke

4.2.4. ทำข้อ 4.2.2 และ 4.2.3 อีก 2 รอบ

4.2.5. นำข้อมูลที่ได้บันทึกผล ใน Work Sheet และคำนวณผล

4.2.6. หาค่าความไม่แน่นอนจากการวัด

4.2.7. ทำ Calibration Graph

4.2.8. ทำรายงานผลการสอบเทียบ

ภาพแสดงการติดตั้งเครื่องมือในการสอบเทียบ (เฉพาะการทดลองนี้)

5. ผลการทดลอง

Pressure Calibration				
Oreder No: 1	Received Date: 18/09/2005	Calibration Date: 18/09/2005		
UUT Description	Standard Description	Calibration Reference:		
Manufacture: AMETEK	Model: S/N:	Enviroment	Begin	End
Model: HL-15B	Piston Unit Model:	Temperature (^{o}C)	20	20
Serial No: HL-5611	S/N:	Relative Humid. (%)	50	50
Range: 0-10 bar	Weight Set Model:	Atmos. Presure (bar)	1.013	1.013
Accuracy: 1% of Full scale	S/N:	Air Density (kg/m3)	1.2	1.2

Generate Presure (bar)	Pressure Gauge Reading (bar)						Weight List No.
	Rising			Falling			
	1	2	3	1	2	3	
0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
2.00	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04	1,7
4.00	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	1,7,5,6
6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	1,3
8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	1,5,6,3
10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	1,5,6,7,4,3

6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

Type B Uncertainty

Uncertainty of Hydraulic Dead Weight Tester

Accuracy 0.1% of reading

ที่10 bar $u_d = \frac{0.1 \times 10}{100} = 0.01\,\text{bar}$

Standard uncertainty

$$\frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.00577$$

Readability of Bourdon Gauge

Accuracy 1% of full scale

$$\frac{1 \times 10}{100} = 0.1 \text{ bar}$$

Standard uncertainty

$$u_b = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.0577 \text{ bar}$$

Fluid Head Correction

สำหรับ Hydraulic Dead Weight Tester model HL-15B AMETEK มีค่า 0.031 psi ต่อนิ้วความสูง ซึ่งวัดจากระยะแตกต่างของ PISTON เมื่อลอยอยู่ในระดับ Mid Stroke กับที่จุดต่อ Pressure Gauge

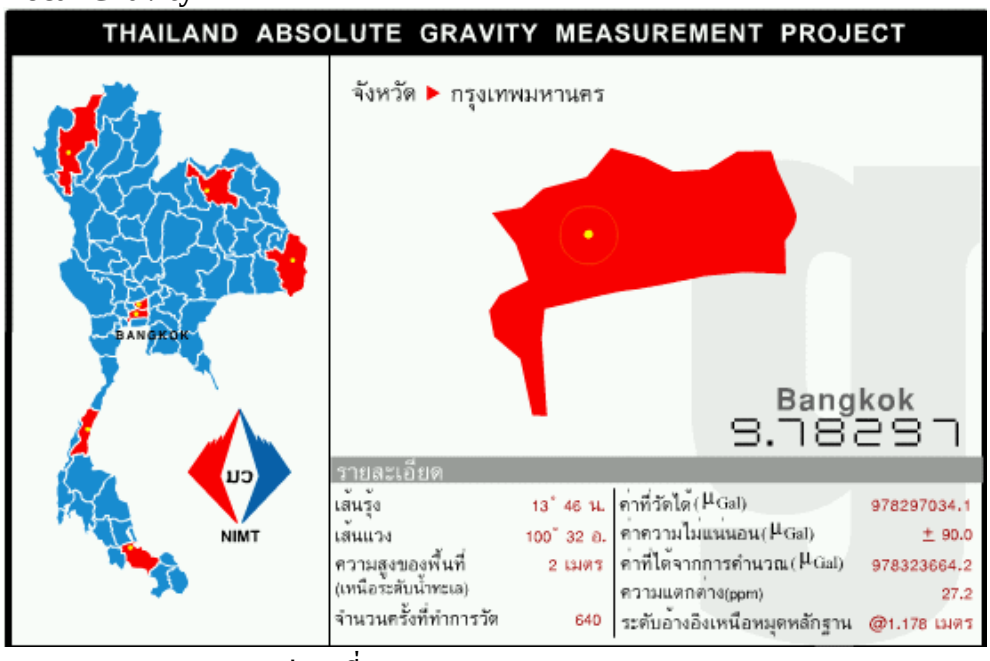
$$0.031 \text{ psi} = 0.00213737 \text{ bar}$$

Standard Uncertainty of Fluid Head

$$u_F = \frac{0.00213737}{\sqrt{3}} = 0.001234 \text{ bar}$$

Degrees of freedom: $\upsilon_F = \infty$

Local Gravity



แสดงค่า g ที่กรุงเทพฯ (ref: http://www.nimt.or.th)

ใช้สูตร $$P_g = P \times \frac{g}{9.80665}$$

ดังนั้นที่ กรุงเทพฯ

$$P_g = P \times \frac{9.78297}{9.80665}$$

$$P_g = 0.99758P$$

Combined standard uncertainty evaluation

$$u_c = \sqrt{(u_A^2 + u_b^2 + u_d^2 + u_F^2)}$$

Effective degrees of freedom

$$v_{eff} = \frac{(u_c)^4}{\frac{(u_A)^4}{\upsilon_A} + \frac{(u_b)^4}{\upsilon_b} + \frac{(u_d)^4}{\upsilon_d} + \frac{(u_F)^4}{\upsilon_F}}$$

$$v_{eff} \approx \infty$$

Expanded uncertainty

Coverage factor (k) เท่ากับ 2 ที่ระดับความเชื่อมัน 95%

$$U = ku_c$$

$$U = 2 \times u_c$$

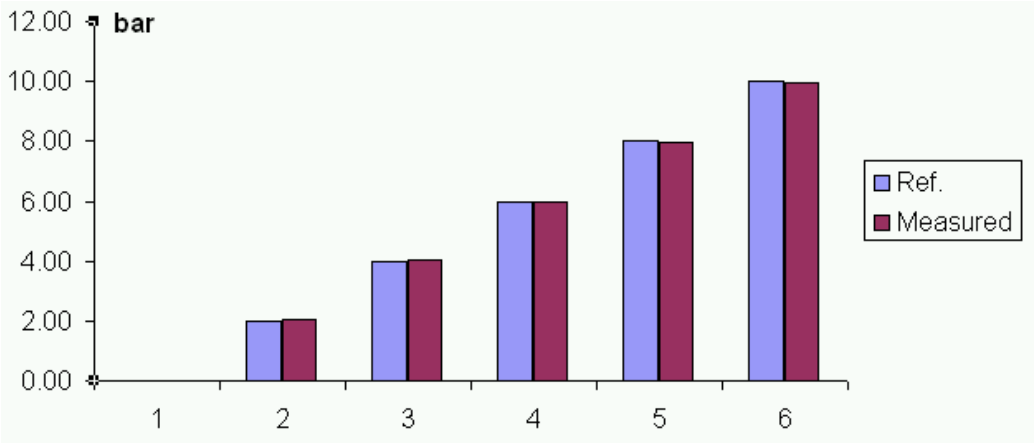
7.สรุปผลการทดลอง

Pressure Calibration (bar)									
					Type B				
Range	Mean Reding	SD	Type A	P_g	u_b	u_d	u_F	u_c	U
0.00	0.01	0.016	0.007	0.0067	0.0577	0.000	0.001234	0.058	0.12
2.00	2.04	0.000	0.000	2.0351	0.0577	0.002	0.001234	0.058	0.12
4.00	4.04	0.000	0.000	4.0302	0.0577	0.004	0.001234	0.058	0.12
6.00	6.00	0.000	0.000	5.9855	0.0577	0.006	0.001234	0.058	0.12
8.00	8.00	0.000	0.000	7.9806	0.0577	0.008	0.001234	0.058	0.12
10.00	10.00	0.000	0.000	9.9758	0.0577	0.010	0.001234	0.059	0.12

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปผลการสอบเทียบดังนี้

Pressure (bar)	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00
P_g (bar)	0.0067	2.0351	4.0302	5.9855	7.9806	9.9758
***U* +/- (bar)**	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

ที่ความเชื่อมัน 95 % coverage factor k=2



กราฟแสดงผลการสอบเทียบที่ความดันต่างๆ

8. วิจารณ์การทดลอง

การทดลองนี้เป็นเพียงการศึกษา เพื่อให้ทราบถึงวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวัดความดันโดยใช้ Dead Weight Tester ได้ และ เพื่อให้ทราบถึงวิธีการหาค่าความไม่แน่นอนของการวัดความดันโดยใช้ Dead Weight และวิธีรายงานผล ดังนั้นสภาพแวดล้อมตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ภายในห้องสอบเทียบไม่เป็นไปตาม ISO 17025 อนาคตคาดว่าห้องที่ใช้ในการสอบเทียบและอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ จะเป็นไปตามข้อกำหนดที่เป็นมาตรฐาน

เอกสารอ้างอิง

Singapore Institute of Standards and Industrial Research “Guidelines on the Evaluation and Expression of the Measurement Uncertainty”

เอกสารประกอบการเรียน INC 680 Mechanical Metrology