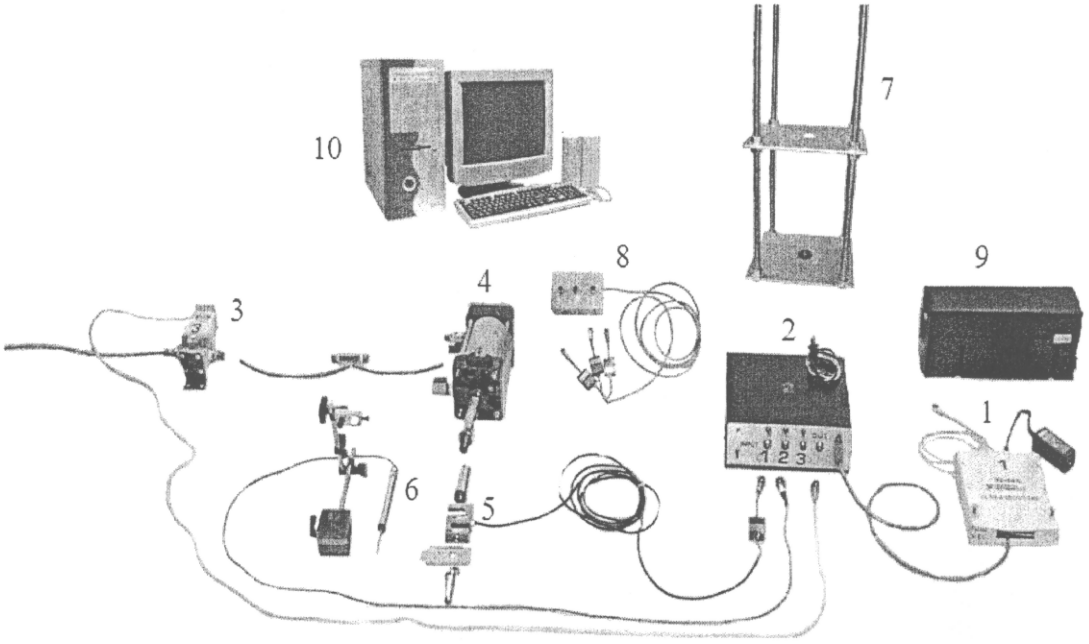
1. อุปกรณ์และวิธีประกอบเครื่องทดสอบการอัดตัวคายน้ำอัตโนมัติ

เครื่องมือการทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบอัตโนมัติใช้อุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ในการควบคุมและอ่านค่าต่างๆ ทำให้การทดสอบการอัดตัวคายน้ำง่ายและลดระยะเวลาในการทดสอบลง โดยยังคงได้พารามิเตอร์จากการทดลองที่ถูกต้อง

1.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์

เครื่องทดสอบการอัดตัวคายน้ำอัตโนมัติประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 10 ชิ้น (ภาพที่ 1.1) ประกอบด้วย National Instrument Card (NI-DAQ) , Signal Conditioning Unit , Electro Pneumatic Regulator , Air Cylinder , Load Cell Transducer , Displacement Transducer , Steel Frame, อุปกรณ์พร้อมสายต่อพ่วง , เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS) และเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรม LabVIEW มีรายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละชนิดดังต่อไปนี้



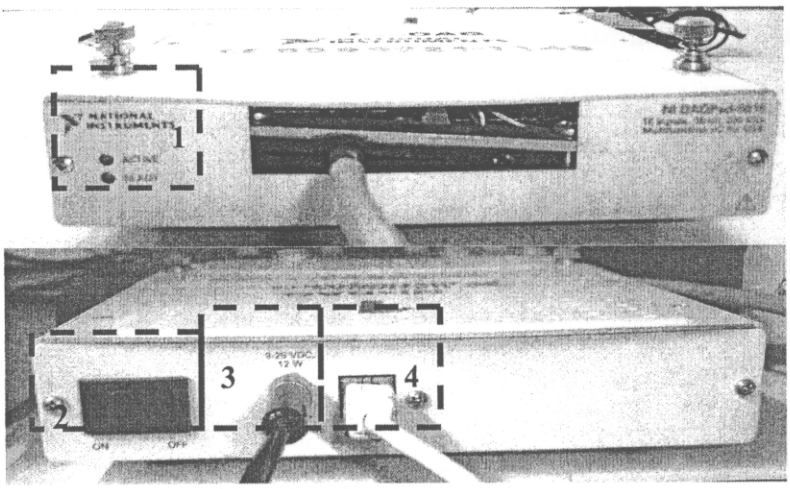
ภาพที่ 1.1 แสดงอุปกรณ์หลัก 10 ชิ้นของเครื่องทดสอบ

1.1.1 National Instrument Card (NI-DAQ) รุ่น NI DAQ Pad-6015

NI-DAQ Pad-6015 (ภาพที่ 1.2) เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้าชนิดต่างๆ โดยสามารถที่แปลงสัญญาณเข้า-สัญญาณออกเป็น Digital หรือ Analog ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โดย USB Port โดยการทำงานของอุปกรณ์ NI-DAQ Pad-6015 ดัง

แสดงในภาพที่ 1.3 หมายเลข 1 จะปรากฏสัญญาณไฟสีเขียวแสดงว่าอุปกรณ์พร้อมทำงานและเมื่อเริ่มทำงานจะปรากฏไฟกระพริบสีเหลือง ภาพที่ 1.3 หมายเลข 2 เป็นสวิตซ์เปิด-ปิดอุปกรณ์ ภาพที่ 1.3 หมายเลข 3 เป็นช่องต่อหม้อแปลงไฟฟ้า (12W) และภาพที่ 1.3 หมายเลข 4 เป็นช่องต่อระหว่างอุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์ (USB Port)

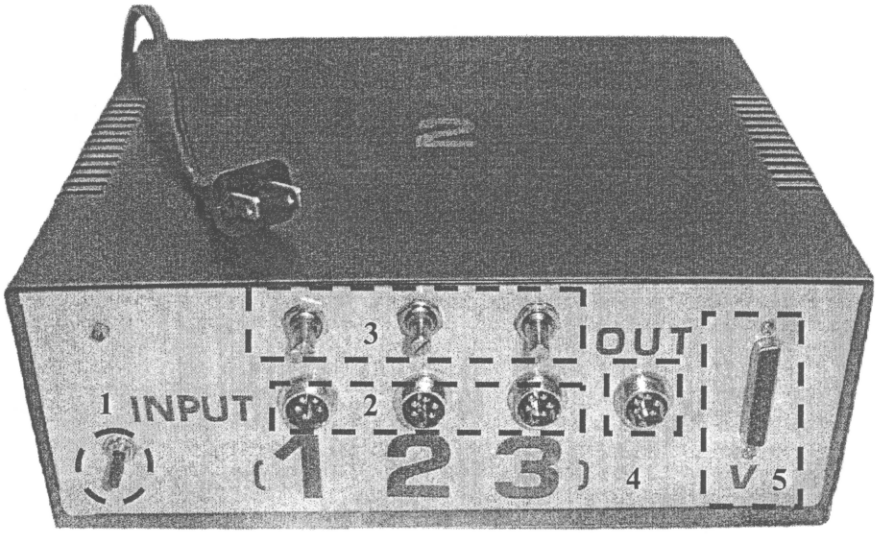
ภาพที่ 1.2 แสดงอุปกรณ์ NI-DAQ รุ่น NI DAQPad-6015



ภาพที่ 1.3 แสดงวิธีการใช้งานอุปกรณ์ NI-DAQ รุ่น NI DAQPad-6015

1.1.2 Signal Conditioning Unit

Signal Conditioning Unit เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับเครื่องทดสอบ และขยายสัญญาณที่รับจาก Sensors ภายในมีวงจรลดสัญญาณรบกวนที่มากับสายไฟดังแสดงในภาพที่ 1.4 โดยอุปกรณ์ของ Signal Conditioning Unit มีดังนี้



ภาพที่ 1.4 แสดงอุปกรณ์ Signal Conditioning Unit

2.1 สวิตซ์ เปิด-ปิด ดังแสดงในภาพที่ 1.4 หมายเลข 1

2.2 ช่องสัญญาณเข้าจาก Sensors (Input) จำนวน 3 ช่องสัญญาณ ดังแสดงในภาพที่ 1.4 หมายเลข 2

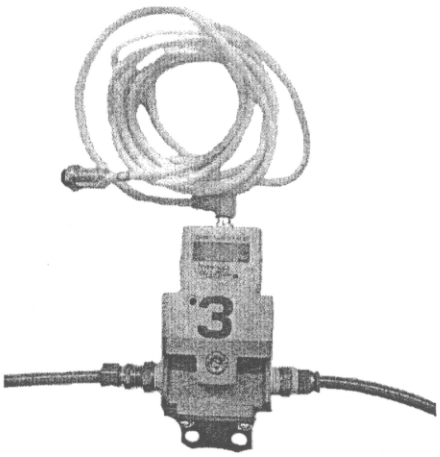
2.3 ปุ่มปรับสัญญาณเข้า ดังแสดงในภาพที่ 1.4 หมายเลข 3 เพื่อปรับค่าเริ่มต้นของสัญญาณ (Zero Setting)

2.4 ช่องต่อสัญญาณออก (Output) เพื่อควบคุม Pneumatic Regulator ภาพที่ 1.4 หมายเลข 4

2.5 ช่องต่อเข้ากับ อุปกรณ์ NI-DAQ Pad-6015 ดังแสดงในภาพที่ 1.4 หมายเลข 5

1.1.3 **Electro Pneumatic Regulator** รุ่น ITV 3050 SMC

Electro Pneumatic Regulator เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมแรงดัน (ดังแสดงในภาพที่ 1.5) จากปั๊มลมที่จะส่งต่อไปยังกระบอกลมโดยรับคำสั่งจากโปรแกรม LabVIEW จากคอมพิวเตอร์ส่งต่อมายัง NI-DAQ และ Signal Conditioning Unit โดยรับสัญญาณกระแสไฟฟ้า ตัวอุปกรณ์มีคุณสมบัติดังตารางที่ 1 และขนาดของอุปกรณ์ดังภาพที่ 1.6



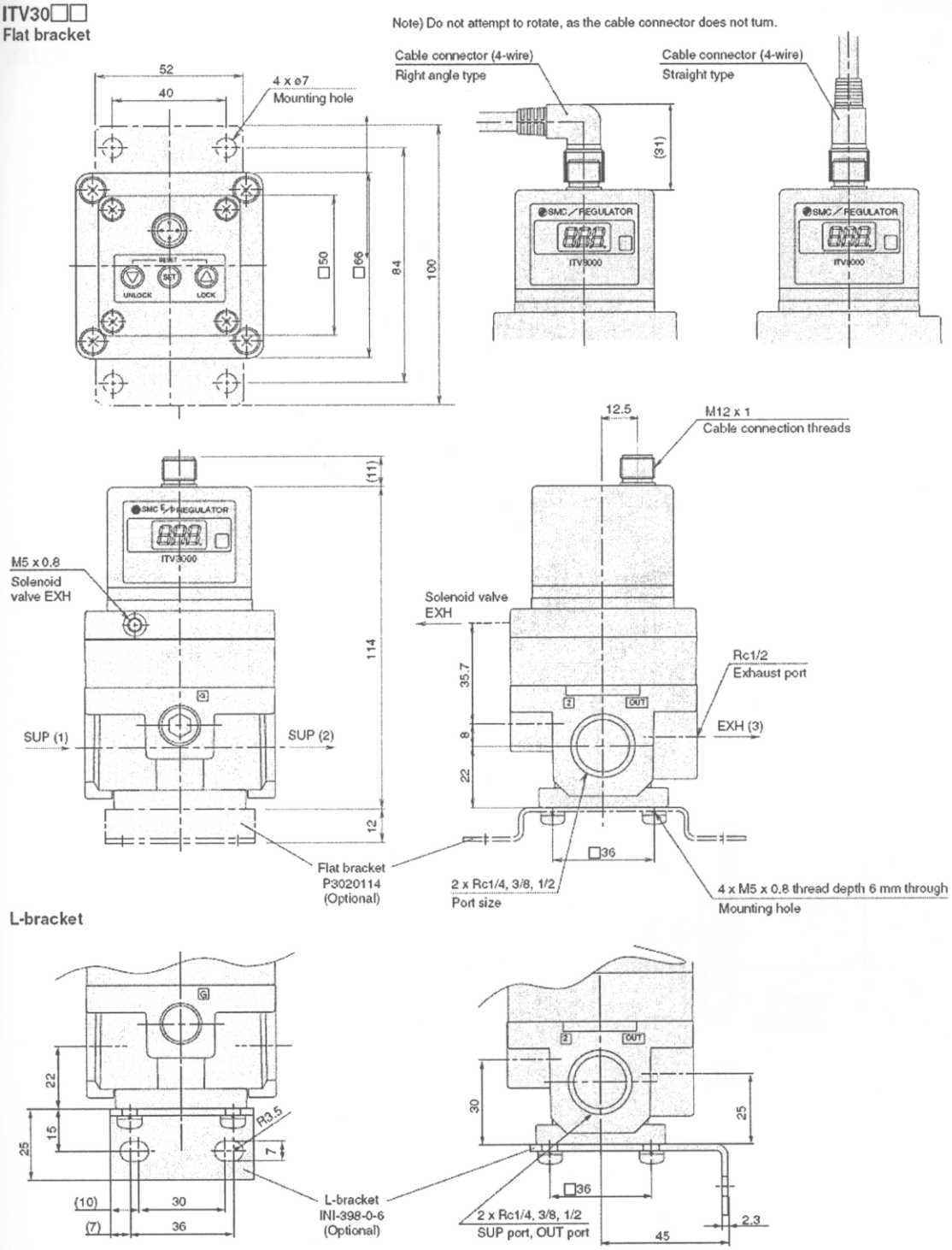
ภาพที่ 1.5 แสดงอุปกรณ์ Electro Pneumatic Regulator

ตารางที่ 1.1 คุณสมบัติของอุปกรณ์ Electro Pneumatic Regulator รุ่น ITV 3050 SMC

Model		ITV101□ ITV201□ ITV301□	ITV103□ ITV203□ ITV303□	ITV105□ ITV205□ ITV305□
Minimum supply pressure		Set pressure +0.1 MPa		
Maximum supply pressure		0.2 MPa	1.0 MPa	
Set pressure range Note 1)		0.005 to 0.1 MPa	0.005 to 0.5 MPa	0.005 to 0.9 MPa
Power supply	Voltage	24 VDC ± 10%, 12 to 15 VDC		
	Current consumption	Power supply voltage 24 VDC type: 0.12 A or less Power supply voltage 12 to 15 VDC type: 0.18 A or less		
Input signal	Current type Note 2)	4 to 20 mA, 0 to 20 mA (Sink type)		
	Voltage type	0 to 5 VDC, 0 to 10 VDC		
	Preset input	4 points		
Input impedance	Current type	250 Ω or less		
	Voltage type	Approx. 6.5 kΩ		
	Preset input	Approx. 2.7 kΩ		
Output signal (monitor output) Note 3)	Analog output	1 to 5 VDC (Load impedance: 1 kΩ or more) 4 to 20 mA (Sink type) (Load impedance: 250 Ω or less)		
	Switch output	NPN open collector output: Max. 30 V, 30 mA PNP open collector output: Max. 30 mA		
Linearity		Within ±1% (full span)		
Hysteresis		Within 0.5% (full span)		
Repeatability		Within ±0.5% (full span)		
Sensitivity		Within 0.2% (full span)		
Temperature characteristics		Within ±0.12% (full span)/°C		
Output pressure display	Accuracy	±3% (full span)		
	Minimum unit	MPa: 0.01, kgf/cm²: 0.01, bar: 0.01, PSI: 0.1 Note 4), kPa: 1		
Ambient and fluid temperature		0 to 50°C (with no condensation)		
Enclosure		IP65		
Weight	ITV10□□	Approx. 250 g (without options)		
	ITV20□□	Approx. 350 g (without options)		
	ITV30□□	Approx. 645 g (without options)		

Dimensions

ITV30□□
Flat bracket



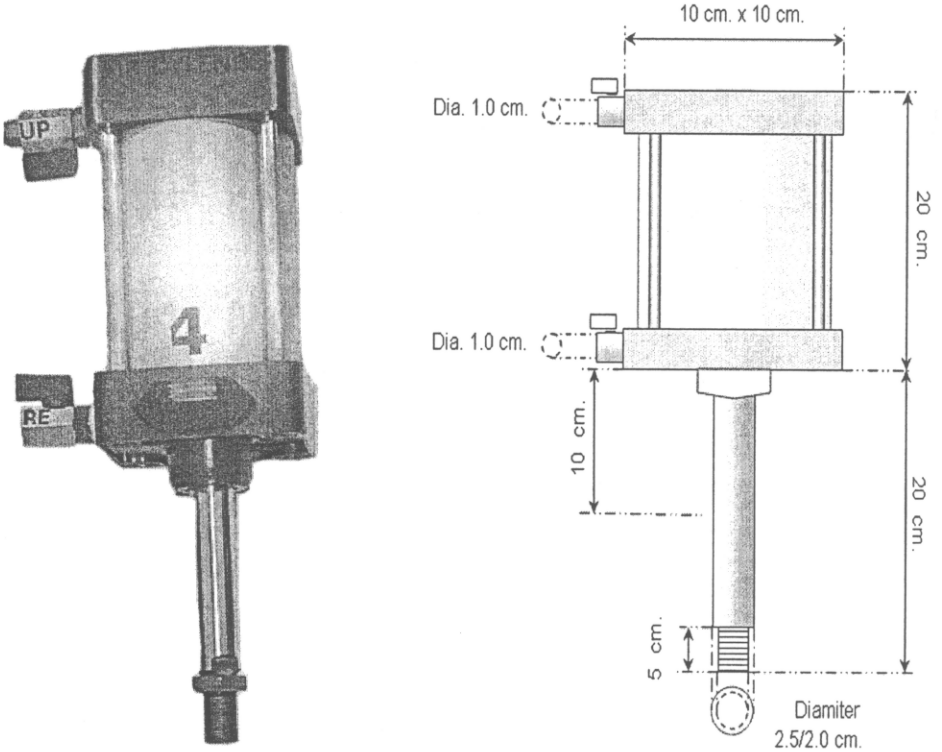
L-bracket

ภาพที่ 1.6 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ Electro Pneumatic Regulator รุ่น ITV 3050 SMC

1.1.4 Air Cylinder

Air Cylinder หรือกระบอกลม (ดังภาพที่ 1.7) เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนแรงดันลมที่ส่งมาจาก Electro Pneumatic Regulator ให้กลายเป็นแรงกดลงบนตัวอย่างดิน โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1. ทนต่อแรงดันได้ 20 ksc
2. ระยะก้านกด 10 cm.
3. วาล์วควบคุม 2 ตัว (ภาพ 1.7 a) โดยตัวบนจะเป็นวาล์วสำหรับการรับแรงดันลม (UP วาล์ว) และวาล์วด้านล่าง (RE วาล์ว) ใช้สำหรับคลายแรงดันลม

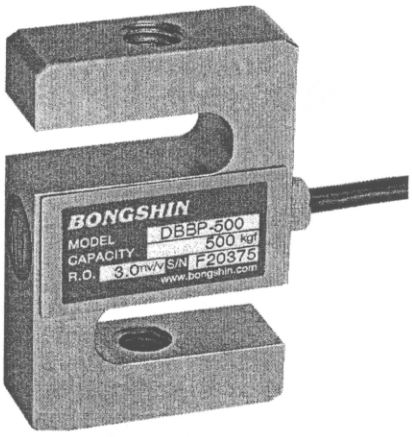


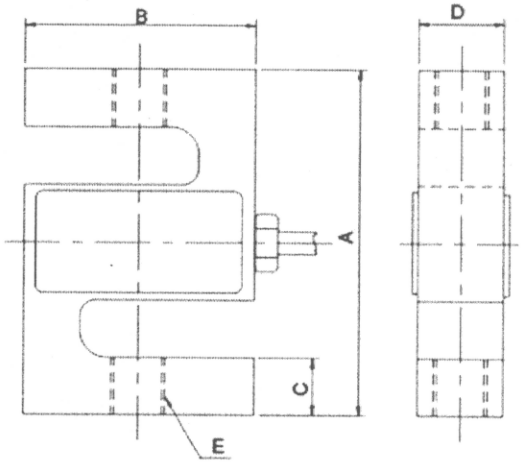
(a) (b)

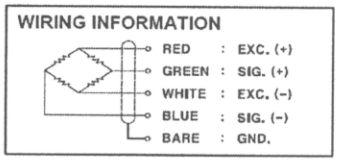
ภาพที่ 1.7 แสดงอุปกรณ์ Air Cylinder หรือกระบอกลม

1.1.5 Load Cell

Load Cell หรืออุปกรณ์วัดค่าแรงกด (ดังภาพที่ 1.8) นำมาใช้วัดค่าแรงกดที่กระทำต่อดินตัวอย่างโดยติดอยู่กับ Air Cylinder โดยมีคุณสมบัติดังตารางที่ 1.2 และอุปกรณ์ต่อเชื่อมต่อระหว่าง Air cylinder กับ Load cell (ดังแสดงในภาพที่ 1.9) ดังนี้







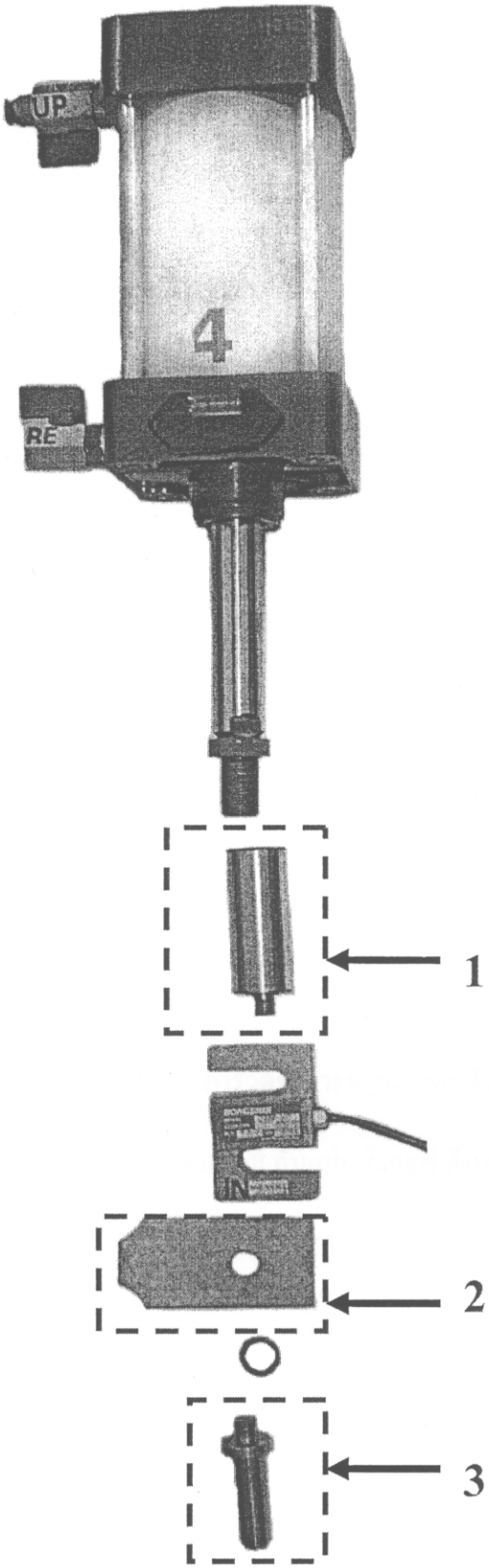
Dimension-mm

Model	Rated Capacity	A	B	C	D	E	Weight (kg)
DBBP	3~5t (29.42~49.03kN)	**120.7**	**88.9**	**22.1**	**32.0**	**M24X2P**	**2.10**

ภาพที่ 1.8 แสดงอุปกรณ์ Load Cell

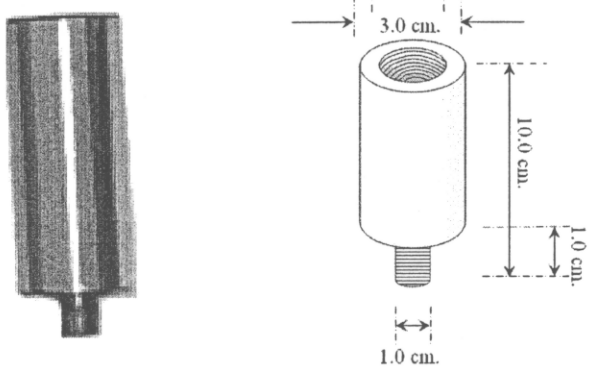
ตารางที่ 1.2 แสดงคุณสมบัติของ Load Cell

MODEL	DBBP, DBBPU
Rated capacity (R.C.)	20, 50, 100, 200, 500kg
	1, 2, 3, 5t
	50, 100, 200, 500 lbs
	1k, 2k, 2.5k, 5k,10k lbs
Rated output(R.O.)	3mV/V ± 0.5%
Non-linearity	≤ 0.03% R.O.
Hysteresis	≤ 0.03% R.O.
Non-repeatability	≤ 0.02% R.O.
Creep error	≤ 0.03% in 20min.
Zero balance	≤ 1% R.O.
Compensated temperature range	-10 ~ 70℃
Operating temperature range	-20 ~ 80℃
Temp. effect on rated output	≤ 0.03% LOAD/10℃
Temp. effect on zero balance	≤ 0.03% R.O./10℃
Terminal input resistance	350 Ohms ±3.5 Ohms
Terminal output resistance	350 Ohms ±5 Ohms
Insulation resistance (Min.)	2000 MOhms at 50V DC
Excitation voltage	10V(Recommended) /15V(Max.)
Electrial connection	ø5mmx3m(22AWG x 4Core Shielded)
Protection class	meets IP 67
Safe overload	150% R.C
Ultimate overload	300% R.C



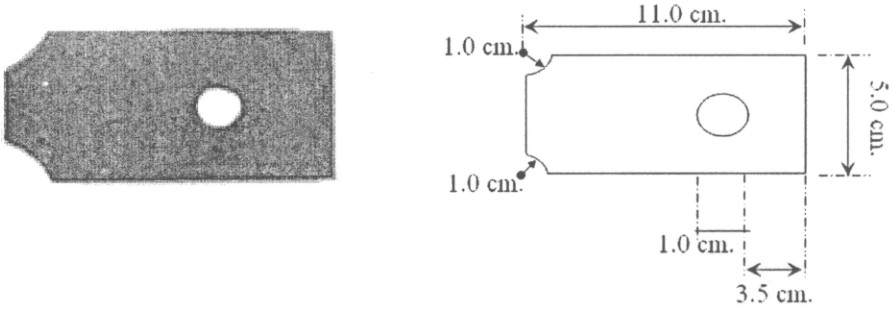
ภาพที่ 1.9 แสดงอุปกรณ์ต่อเชื่อมต่อระหว่าง Air cylinder กับ Load cell

5.1 แท่งยึด ใช้ยึดระหว่าง Air cylinder กับ Load cell (ดังภาพที่ 1.10) ทำมาจากสแตนเลส



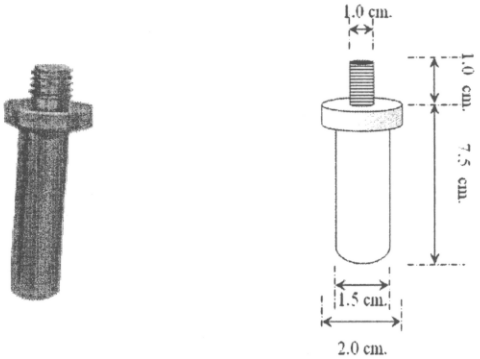
ภาพที่ 1.10 แสดงอุปกรณ์ใช้ยึดระหว่าง Air cylinder กับ Load cell

5.2 แผ่นสังกะสีใช้เป็นฐานอ้างอิงในการวัดค่าการทรุดตัวของดินตัวอย่าง(ดังภาพที่ 1.11)



ภาพที่ 1.11 แสดงอุปกรณ์อ้างอิงในการวัดค่าการทรุดตัวของดิน

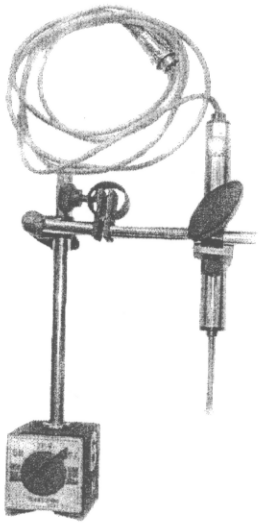
5.3 แท่งยึดสแตนเลส ใช้ยึดระหว่าง Load cell กับแผ่นสังกะสี ด้านปลายใช้กดดินตัวอย่าง (ดังภาพที่ 1.12)



ภาพที่ 1.12 แสดงอุปกรณ์ใช้ยึดระหว่าง Load cell กับแผ่นสังกะสี

1.1.6 Displacement Transducer

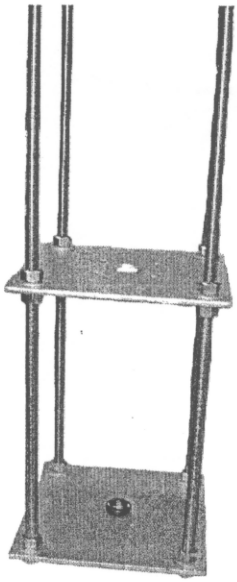
Displacement Transducer รุ่น LSC Transducer SER No.HS50/8922 (ดังภาพที่ 1.13) เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าใช้วัดค่าการทรุดตัวของดินมีระยะในการวัด 10 เซนติเมตร โดยข้อมูลที่ได้จะถูกบันทึกเก็บไว้ในระบบคอมพิวเตอร์



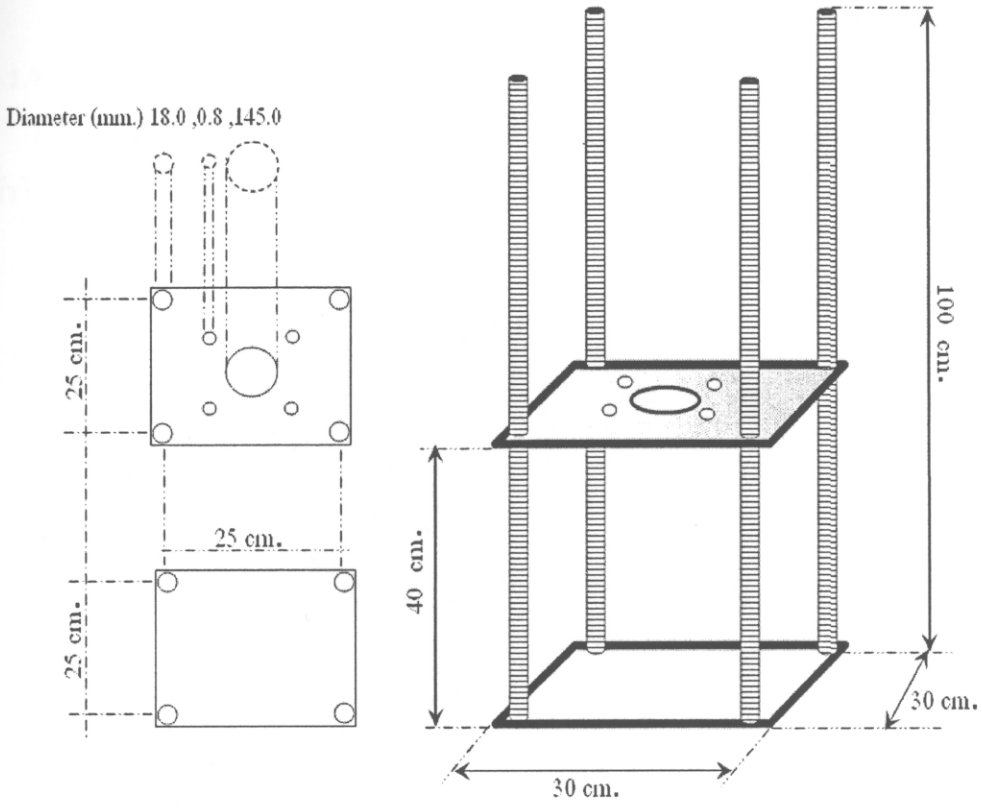
ภาพที่ 1.13 แสดงอุปกรณ์ Displacement Transducer พร้อมแท่นจับแม่เหล็ก

1.1.7 Steel Frame

Steel Frame (ดังภาพที่ 1.13) เป็นโครงของอุปกรณ์ทดสอบประกอบไปด้วยแท่งสแตนเลสยาว 1 เมตรจำนวน 4 แท่งและแผ่นเหล็กหนา 10 มิลลิเมตรจำนวน 2 แผ่นดังรูปที่ 1.14



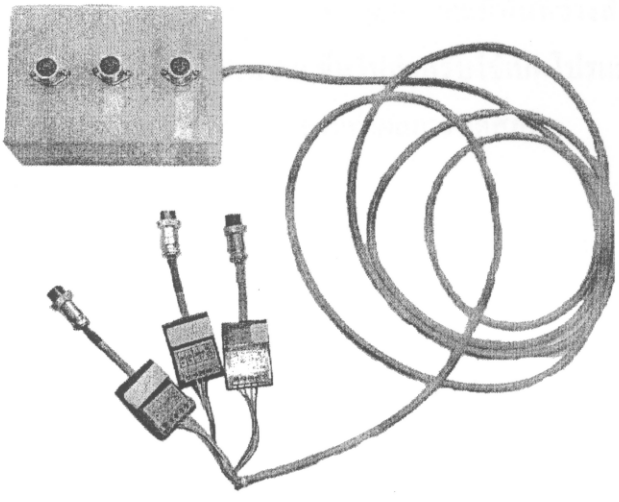
ภาพที่ 1.14 แสดง Steel Frame



ภาพที่ 1.15 แสดงขนาดของ Steel Frame

1.1.8 สายต่อพ่วง

สายต่อพ่วง (ดังภาพที่ 1.16) เป็นสายต่อของอุปกรณ์ทางไฟฟ้ากรณีที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบไกลจาก Signal conditioner และ NI Card



ภาพที่ 1.16 แสดงสายต่อพ่วง

1.1.9 เครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS)

เครื่องสำรองไฟฟ้า (ดังภาพที่ 1.17) ควรสำรองไฟฟ้าให้นานที่สุดแล้วไม่ควรน้อยกว่า 2 ชั่วโมงโดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการทดสอบ

ภาพที่ 1.17 แสดงเครื่องสำรองไฟฟ้า (UPS)

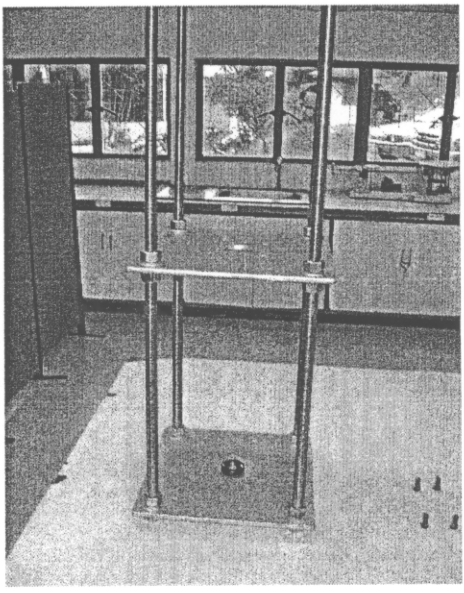
1.1.10 เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรม LabVIEW

ระบบคอมพิวเตอร์ควรมีระบบประมวลผล CPU ที่มีความเร็วตั้งแต่ระดับ Pentium ขึ้นไป และมีหน่วยความจำไม่น้อยกว่า 256 MB โดยมีระบบปฏิบัติการที่เป็น Windows XP ขึ้นไป ควรมีพื้นที่ว่างสำหรับติดตั้งโปรแกรมประมาณ 100 MB และมีพื้นที่ว่างสำหรับเก็บข้อมูลในบางส่วน ติดตั้ง โปรแกรม LabVIEW version 8.0 ขึ้นไปสำหรับใช้เปิดโปรแกรมในการทดสอบ และติดตั้งโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการอ่านค่าผลการทดสอบ

1.2 วิธีประกอบเครื่องมือทดสอบการอัดตัวคายน้ำอัตโนมัติ

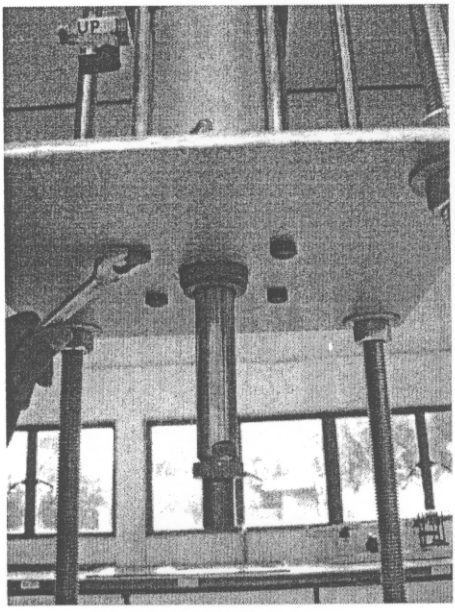
ขั้นตอนของการประกอบอุปกรณ์ทดสอบการอัดตัวคายน้ำอย่างรวดเร็วมีทั้งหมด 11 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่1.1 นำ Frame มาประกอบตั้งระดับน้ำดังแสดงในภาพที่ 1.18



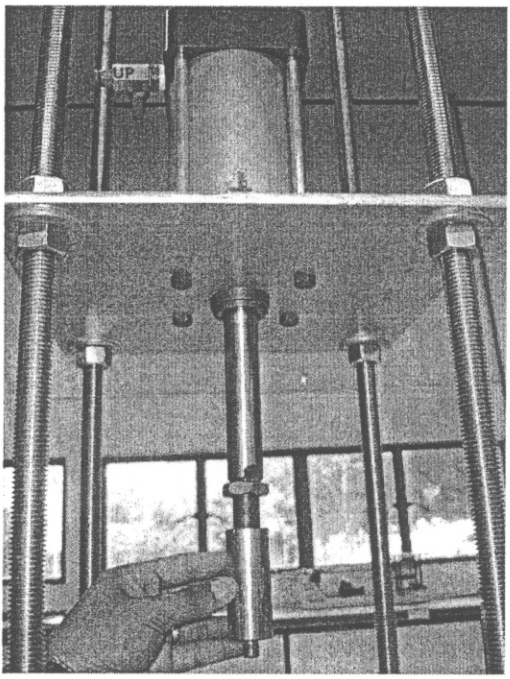
ภาพที่ 1.18 การหาระดับน้ำของ Frame เครื่องทดสอบ

ขั้นตอนที่ 1.2 เอา Air cylinder มาประกอบเข้ากับ Frame ยึดด้วยน็อต จำนวน 4 ตัว ดังแสดงในภาพที่ 1.19



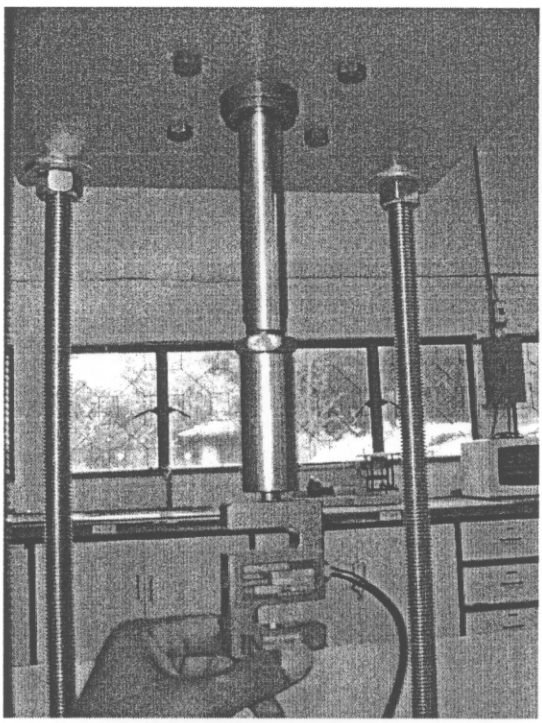
ภาพที่ 1.19 แสดงการประกอบ Air Cylinder เข้ากับ Frame

ขั้นตอนที่ 1.3 นำเอาแท่งยึดสแตนเลส ใส่ที่ปลาย Air cylinder เพื่อใช้ยึดกับ Load cell ดังแสดงในภาพที่ 1.20



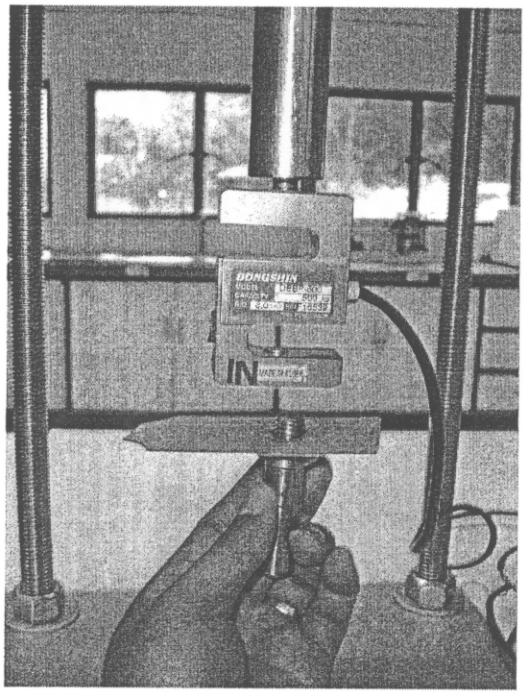
ภาพที่ 1.20 แสดงการต่อแท่งยึดสแตนเลสเข้ากับ Air Cylinder

ขั้นตอนที่ 1.4 ต่อ Load cell กับแท่งยึดสแตนเลส ดังแสดงในภาพที่ 1.21



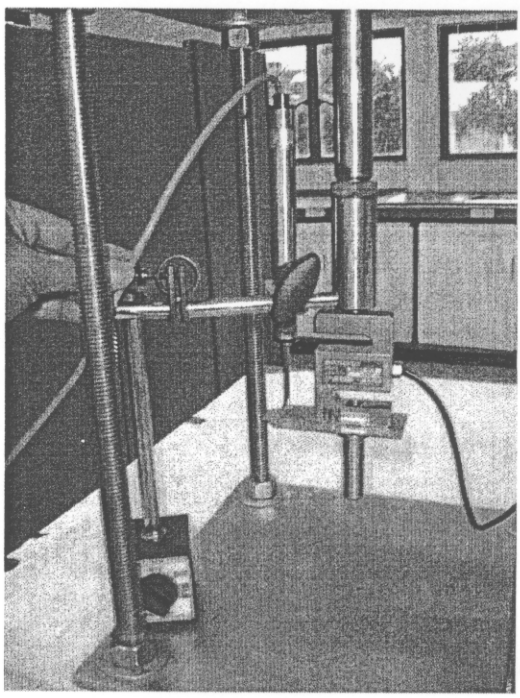
ภาพที่ 1.21 แสดงการต่อ Load cell เข้ากับแท่งยึดสแตนเลส

ขั้นตอนที่ 1.5 นำเอาแผ่นสังกะสีพร้อมกันแท่งยึดสแตนเลส ยึดกับด้านล่างของ Load cell ดังแสดงในภาพที่ 1.22

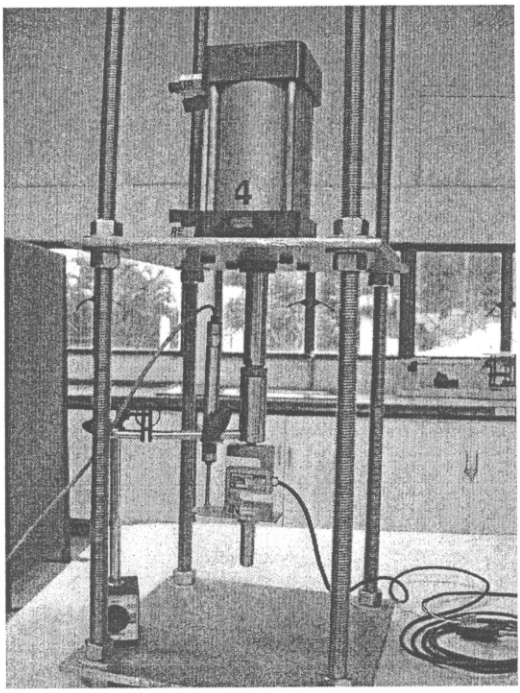


ภาพที่ 1.22 แสดงการยึดแผ่นสังกะสีกับแท่งสแตนเลสเข้ากับ Load cell

ขั้นตอนที่ 1.6 ติดตั้ง Displacement Transducer พร้อมอุปกรณ์ปรับระดับแบบแม่เหล็กบนแผ่นสังกะสีข้างต้น ดังแสดงในภาพที่ 1.23 เสร็จสิ้นขั้นตอนในการประกอบตัวอุปกณ์จะได้ดังภาพที่ 1.24

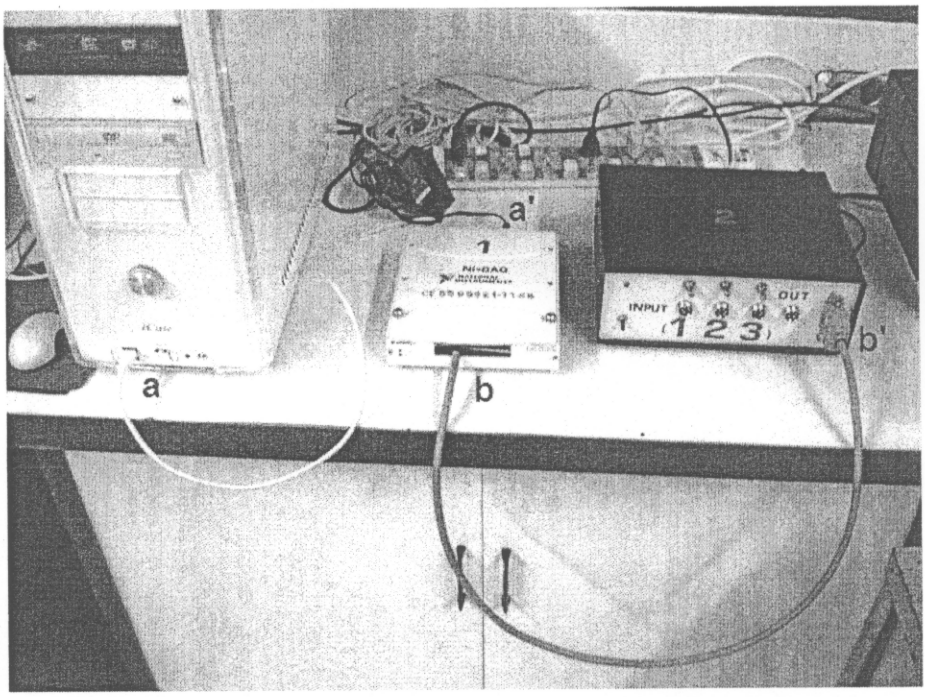


ภาพที่ 1.23 แสดงการติดตั้ง Displacement Transducer



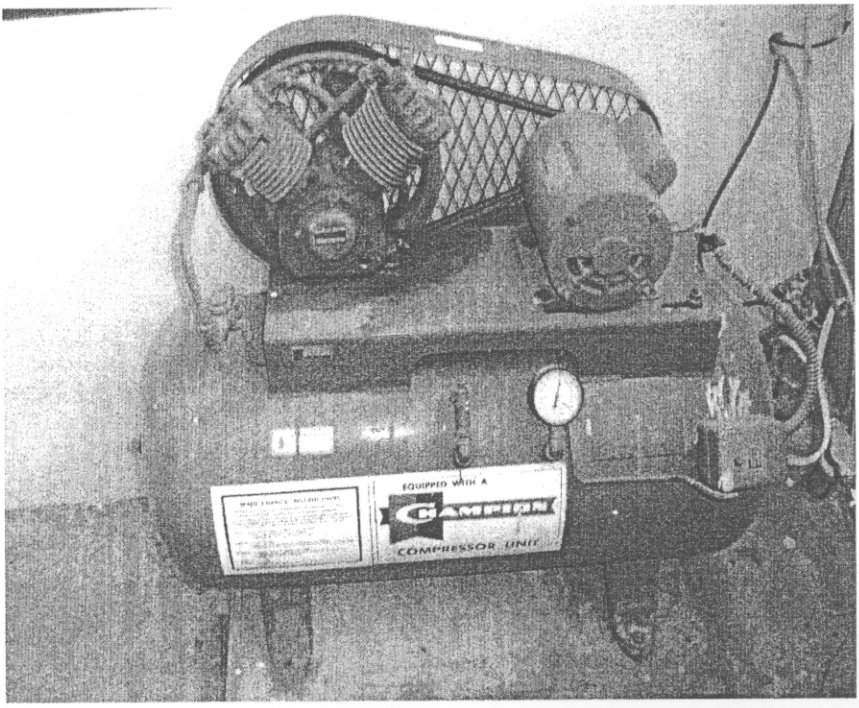
ภาพที่ 1.24 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดสอบหลังติดตั้งแบบสมบูรณ์

<u>ขั้นตอนที่ 1.7</u> เป็นขั้นตอนการต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เริ่มจากต่อ NI-DAQ เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB (a-a') ต่อจากนั้นต่อเข้ากับ Signal Conditioning Unit **(b-b')** ดังแสดงในภาพที่ 1.25

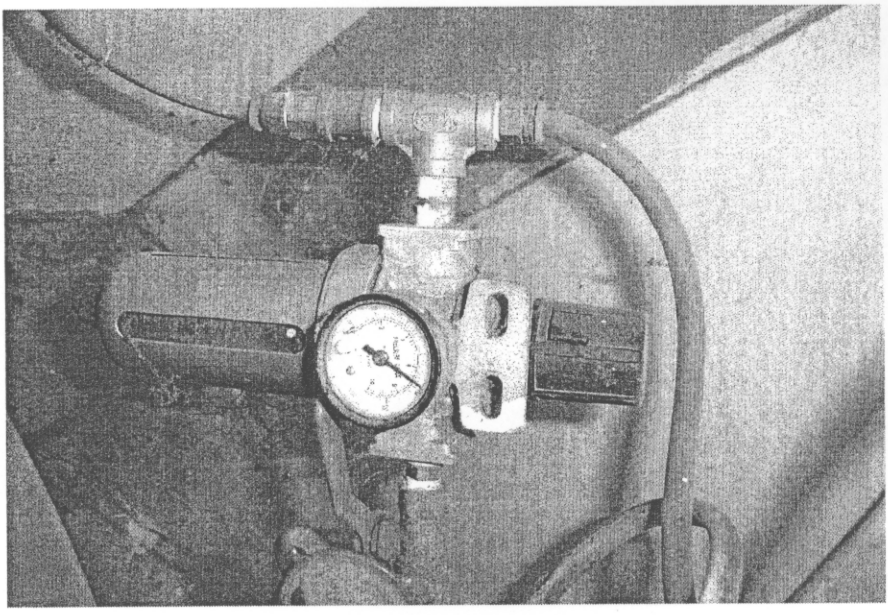


ภาพที่ 1.25 แสดงการต่ออุปกรณ์ของคอมพิวเตอร์, NI-DAQ และ Signal Conditioning Unit เข้าด้วยกัน

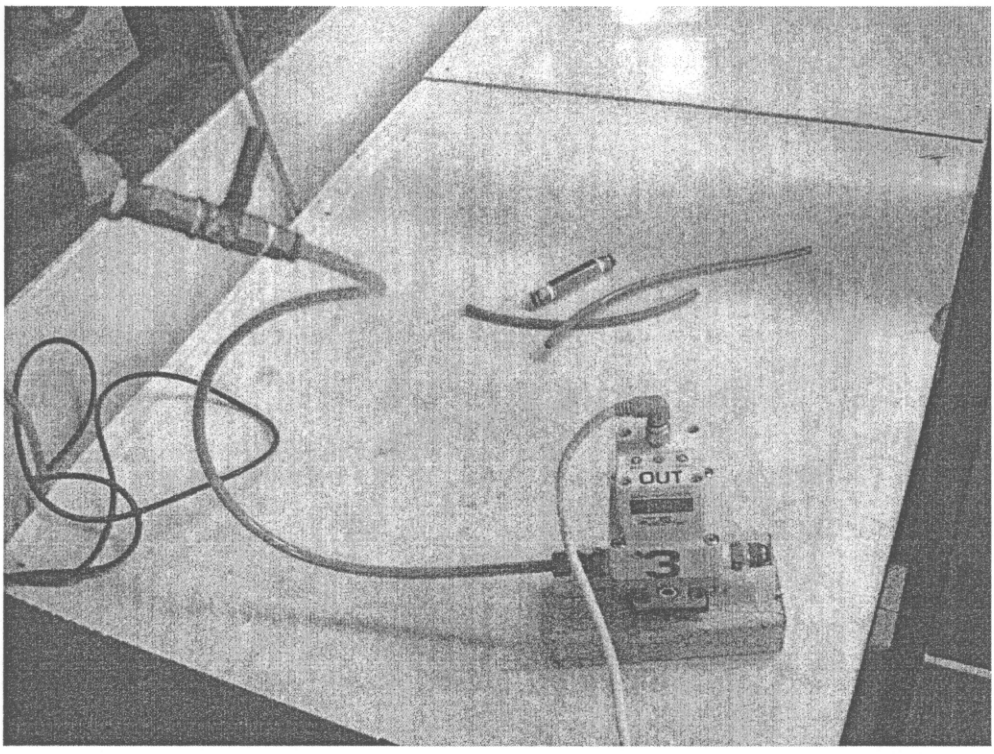
ขั้นตอนที่ 1.8 เตรียมปั๊มลม (ดังภาพที่ 1.26) ตรวจสอบแรงดันในถังลมติดตั้งอุปกรณ์ดักจับความชื้น (ดังภาพที่ 1.27) จากนั้นต่อสายลมสีส้มมายังวาล์วสำหรับเปิด-ปิดก่อนต่อเข้าสู่เครื่อง Electro Pneumatic Regulator (ดังแสดงในภาพที่ 1.28) แล้วต่อสายลมสีฟ้าจาก เครื่อง Electro Pneumatic Regulator ทางด้านออกผ่านอุปกรณ์การกันไหลย้อนของลม (ดังแสดงในภาพที่ 1.29) แล้วต่อเข้ากับ Air cylinder ที่วาล์วด้านบน (UP) ดังแสดงในภาพที่ 1.30



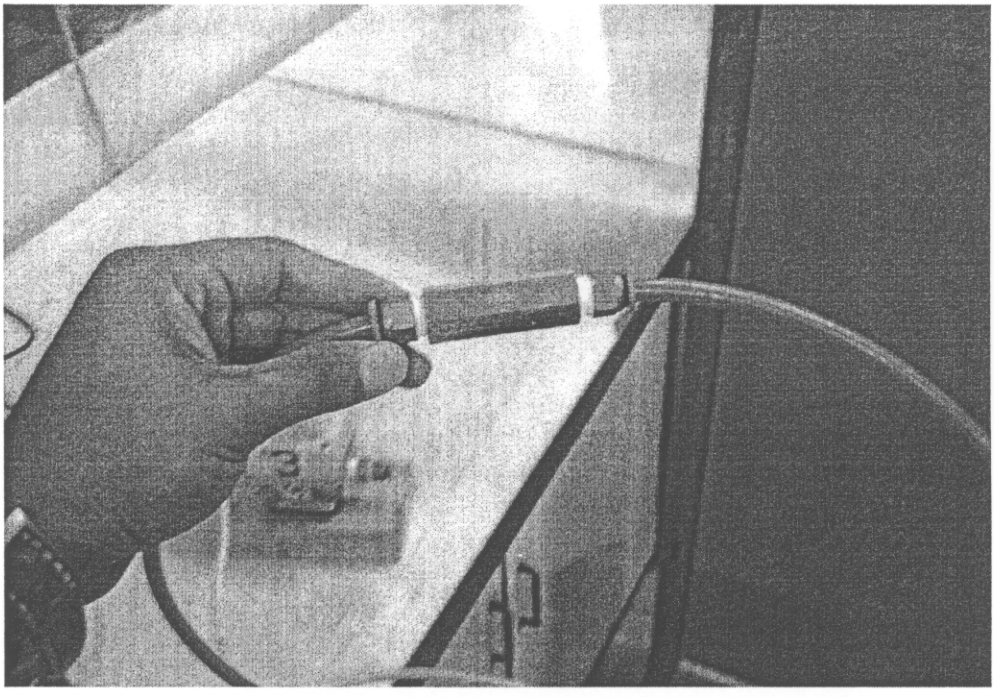
ภาพที่ 1.26 แสดงภาพปั๊มลมและการตรวจสอบแรงดันในถัง



ภาพที่ 1.27 แสดงภาพอุปกรณ์ดักจับความชื้นที่ต่อเข้ากับถังลม



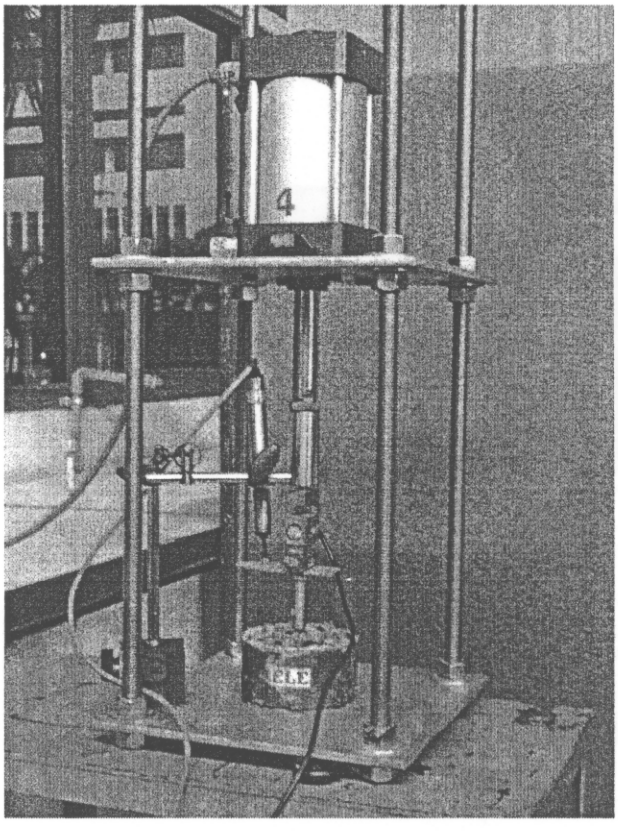
ภาพที่ 1.28 แสดงภาพการต่อสายสีส้มจากปั๊มลมผ่านวาล์วก่อนต่อเข้ากับเครื่อง Electro Pneumatic Regulator



ภาพที่ 1.29 แสดงภาพการต่อสายสีฟ้าจากเครื่อง Electro Pneumatic Regulator ผ่านอุปกรณ์กันการไหลย้อนก่อนต่อเข้าสู่ Air cylinder

ภาพที่ 1.30 แสดงภาพการต่อสายสีฟ้าอุปกรณ์กันการไหลย้อนเข้าสู่ Air cylinder ที่วาล์วทางด้านบน (UP)

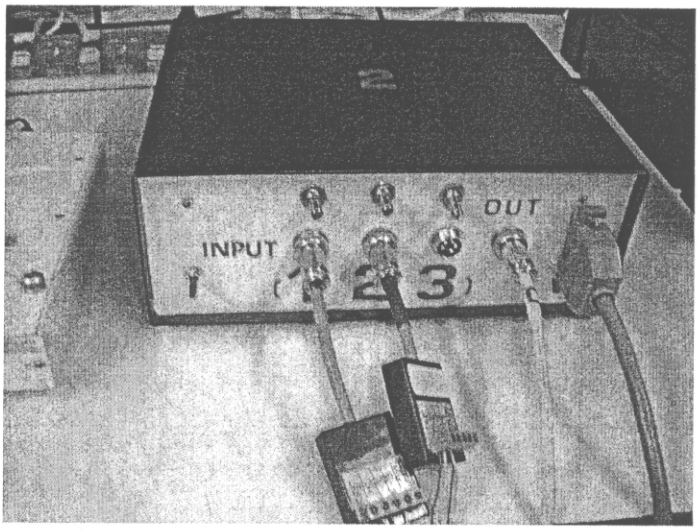
ขั้นตอนที่ 1.9 นำตัวอย่างดินเหนียวที่จะทำการทดสอบมาวางบนอุปกรณ์ทดสอบ ดังภาพที่ 1.31



ภาพที่ 1.31 แสดงภาพอุปกรณ์พร้อมตัวอย่างดิน

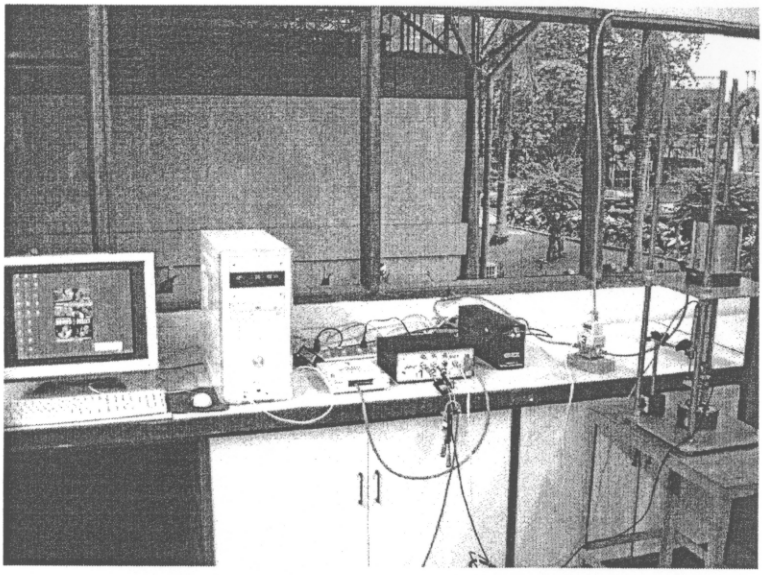
ขั้นตอนที่ 1.10 ต่อสายอุปกรณ์วัดค่าต่างๆเข้ากับ Signal Conditioning Unit ดังนี้ (ดังภาพที่ 1.32)

1. ต่อสาย Load cell ในช่องสัญญาณ Input สามารถเลือกช่องสัญญาณได้จาก 1 ถึง 3
2. ต่อสาย Displacement Transducer ในช่องสัญญาณ Input ที่เหลือ
3. ต่อสายควบคุมเครื่อง Electro Pneumatic Regulator จากช่องสัญญาณ Output



ภาพที่ 1.32 แสดงการต่อสายอุปกรณ์ในการวัดต่างๆเข้ากับ Signal Conditioning Unit

ขั้นตอนที่ 1.11 เมื่อทำตามขั้นตอนข้างต้นแล้วจะได้ดังภาพที่ 1.33 เป็นการสิ้นสุดในกระบวนการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ แล้วเข้าสู่ขั้นตอนของการทดสอบผ่านระบบคอมพิวเตอร์ในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 1.33 แสดงกระบวนการเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ