

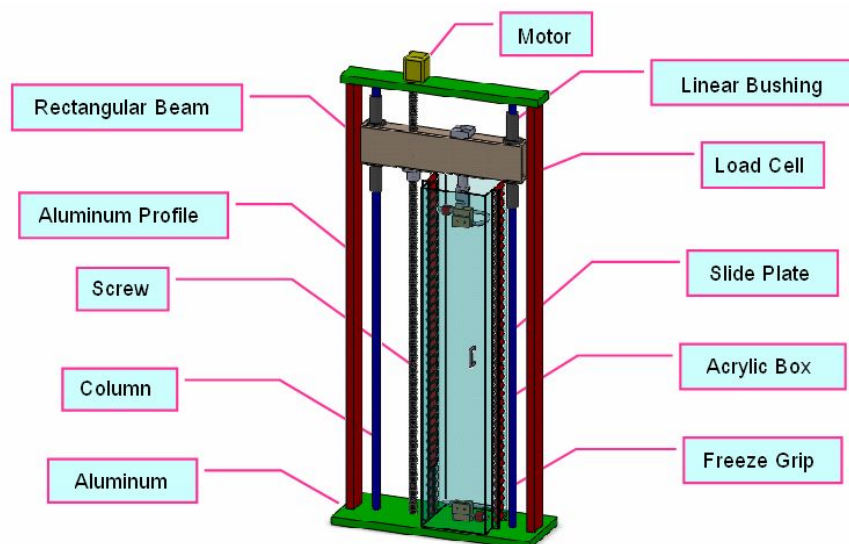
### บทที่ 3

#### เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลของเอ็น

ในบทนี้จะกล่าวถึงหน้าที่ และหลักการทำงานของเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลของเอ็น ความสามารถของเครื่องที่สามารถทำงานได้ และจุดเด่นของเครื่องทดสอบที่แตกต่างจากเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลทั่ว ๆ ไป ขั้นตอนการสร้างเครื่องตั้งแต่โครงสร้างหลัก ระบบกลศาสตร์ และระบบควบคุม ไปจนถึงการสอบเทียบเครื่องทดสอบเพื่อให้เครื่องทดสอบมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ

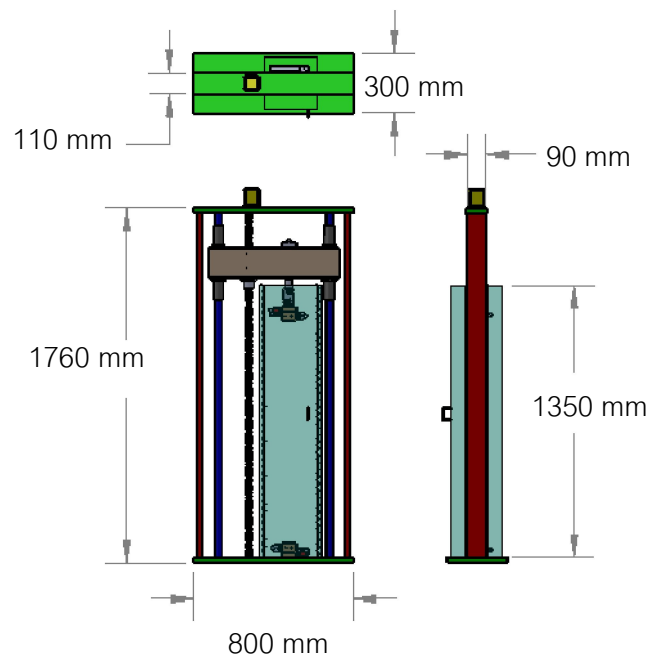
#### 3.1 หน้าที่ และหลักการทำงานของเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกล

หลักการทำงานของเครื่องทดสอบทางกลจะเป็นการใช้มอเตอร์ AC ขับกับสกรู โดยตรงโดยช่วงระยะการทำงานจะมีระยะประมาณ 1000 มิลลิเมตร เมื่อมอเตอร์ทำงานคาน และตัวจับชิ้นงานส่วนบนจะถูกขยับขึ้นหรือลงได้ โดยมีเสาสลื่นทั้งสองข้าง (จากภาพที่ 3.1 จะเป็นแท่งสีน้ำเงิน) คอยประคอง ส่วนตัวจับชิ้นงานจะใช้เป็นหัวจับยึดชิ้นงานเย็น (Freeze grip) ทำหน้าที่จับยึดเอ็นโดยมีไนโตรเจนเหลวไหลเวียนอยู่ ทำให้เอ็นบริเวณตัวจับแข็งตัว เมื่อเวลาดึงโหลดเอ็นจะได้ไม่ฉีกขาดบริเวณตัวจับ รายละเอียดจะอธิบายในหัวข้อถัดไป



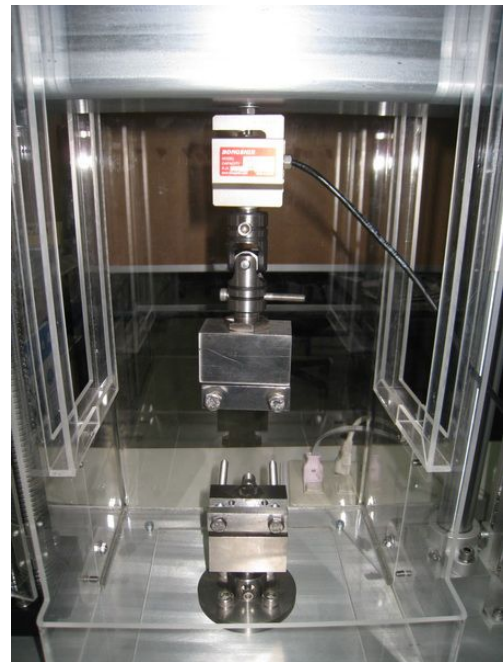
ภาพที่ 3.1

เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลของกล้ามเนื้อที่ออกแบบในมุมมอง 3 มิติ



ภาพที่ 3.2

ขนาดเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลของกล้ามเนื้อ



ภาพที่ 3.3

เครื่องทดสอบกล้ามเนื้อที่สร้าง

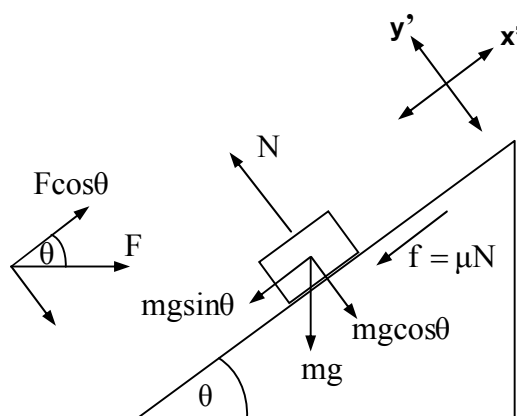
### 3.1.1 คุณสมบัติของเครื่อง

เครื่องทดสอบมีความสูงอยู่ที่ 1.76 เมตร ฐานของเครื่องมีขนาดกว้าง 0.8 เมตร ยาว 0.3 เมตร สามารถทำงานได้ที่โหลดสูงสุดในแนวตั้งและกด 5000 นิวตัน ช่วงของการทำงาน 1000 มิลลิเมตร ความเร็วในการทดสอบสูงสุด 25 มิลลิเมตรต่อวินาที

### 3.1.2 ระบบการส่งกำลัง

กำลังที่ขับเคลื่อนเครื่องทดสอบจะใช้ระบบมอเตอร์ AC servo ที่มีการเพิ่มแรงบิด และลดรอบการทำงานโดยใช้เกียร์เฮดต่อตรงเข้ากับมอเตอร์ และต่อตรงเข้ากับบอลลิสกรู โดยผ่านคัปปลิ่ง ซึ่งการส่งกำลังลักษณะนี้จะมีข้อดีคือ เป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการคำนวณ เพราะเมื่อคำนวณแรงบิดได้ก็สามารถเลือกซื้อมอเตอร์ได้เลย นอกจากนี้การติดตั้งก็ยังสามารถทำได้สะดวก และมีราคาถูก

การคำนวณแรงบิดของมอเตอร์



ภาพรูปที่ 3.4

ไดอะแกรมสมดุลแรงเพื่อคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์

สมดุลแกน  $x'$

$$mg \sin \theta + f = F \cos \theta \quad (3.1)$$

สมดุลแกน  $y'$

$$F \sin \theta + mg \cos \theta = N \quad (3.2)$$

จากสมการ (3.1) และ (3.2) จะได้

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{L}{2\pi r} \right) \quad (3.3)$$

$$F = \frac{mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta} \quad (3.4)$$

$$T = Fr \quad (3.5)$$

$$W_m = T\omega \quad (3.6)$$

$$\frac{W_e}{W_m} = \eta_m \quad (3.7)$$

$T$  = แรงบิดที่ต้องการ

$r$  = รัศมีของบอลสกรู

$L$  = ระยะ Lead screw

$\mu$  = 0 (เนื่องจากบอลสกรู ที่เลือกใช้เป็นแบบ Non preload)

$W_m$  = กำลังของมอเตอร์ทางกล

$W_e$  = กำลังของมอเตอร์ทางไฟฟ้า

$\omega$  = ความเร็วสูงสุดในการหมุนของมอเตอร์ที่ใช้งาน มีค่า 3000 rpm

$\eta_m$  = ประสิทธิภาพที่เปลี่ยนจากกำลังกลไปเป็นกำลังทางไฟฟ้า มีค่า 0.9

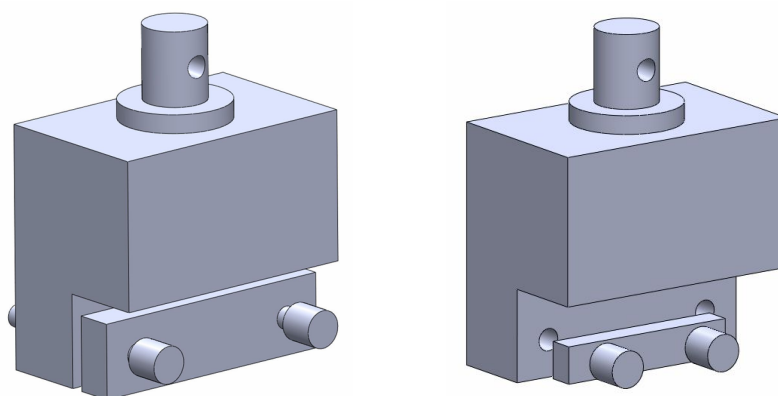
เมื่อคำนวณตามสูตรแล้วจะต้องการแรงบิดของเครื่องอยู่ที่ 3.9 นิวตันเมตร ถ้าเทียบกับกำลังของมอเตอร์ที่เลือกซื้อที่มีค่า 700 วัตต์ และแรงบิดของมอเตอร์ 2.4 นิวตันเมตร แต่ได้ติดตั้งเกียร์ทดเพิ่มเติมอัตรา 1:10 ซึ่งจะสามารถทำให้แรงบิดของมอเตอร์เพิ่มขึ้นได้ถึง 24 นิวตัน

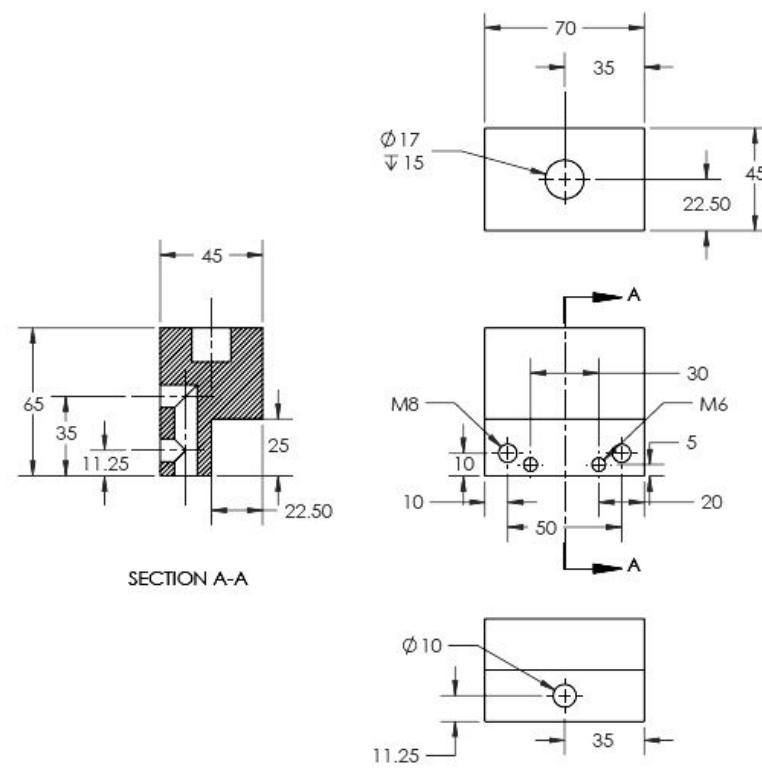
เมตร ซึ่งจะสามารถขับเคลื่อนเครื่องทดสอบได้ แต่สาเหตุที่เลือกมอเตอร์ที่มีกำลังที่สูง และแรงบิดที่สูงถึง 700 วัตต์เพราะในช่วงแรงในการศึกษางานวิจัยต้องการที่จะให้เครื่องทดสอบมีความสามารถทำงานได้ครอบคลุมการทดสอบเกี่ยวกับการล้า การคืบ และการคายตัวของวัสดุซึ่งต้องใช้ความเร็ว และความเร่งที่สูงในการทำงานจึงจำเป็นต้องเลือกมอเตอร์ที่มีกำลัง และแรงบิดของมอเตอร์มีค่าสูงกว่าปกติ

### 3.1.3 หัวจับยึดชิ้นงานเย็น (Freeze grip)

เป็นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานโดยมีไนโตรเจนเหลวไหลผ่านตัวจับชิ้นงานซึ่งจะทำให้ตัวจับยึดชิ้นงานต่ำลงมาก และในงานวิจัยนี้จะควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่  $-10^{\circ}\text{C}$  ซึ่งสามารถทำได้เพราะโดยปกติแล้วไนโตรเจนเหลว อุณหภูมิของตัวมันเองจะอยู่ที่  $-196^{\circ}\text{C}$  จากนั้นความเย็นจะส่งผ่านไปยังชิ้นเนื้อทดสอบ เพื่อต้องการให้เอ็นมีการแข็งตัวเพื่อป้องกันการฉีกขาดตรงบริเวณหัวจับยึดชิ้นงาน เพราะเนื่องจากเอ็นเป็นวัสดุที่อ่อนนุ่ม

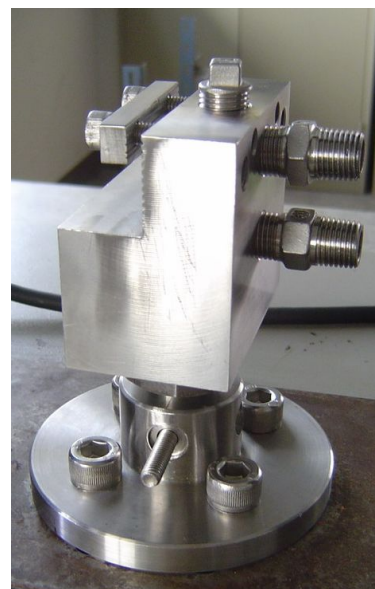
การออกแบบหัวจับยึดชิ้นงาน จะออกแบบไว้จับยึดชิ้นทดสอบที่มีขนาดใหญ่และเล็ก โดยจะมีการเจาะรูที่ตัวจับยึดตัวหลักเป็น 2 แบบให้สามารถสลับเปลี่ยนตัวหนีบให้สามารถหนีบชิ้นเนื้อที่จะทดสอบได้หลากหลาย และสาเหตุที่เลือกใช้อุณหภูมิที่  $-10^{\circ}\text{C}$  เนื่องมาจากเป็นอุณหภูมิที่ทำให้เอ็นมีการแข็งตัวที่พอเหมาะตรงเอ็นที่ส่วนหัวจับ ซึ่งจะไม่ทำให้เอ็นบริเวณส่วนกลางเกิดการแข็งตัว โดยอุณหภูมิขณะทดสอบของเอ็นตรงบริเวณส่วนกลางจะอยู่ที่  $5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งพบว่าเอ็นตรงส่วนนี้ยังไม่เกิดการแข็งตัว แต่ถ้าใช้อุณหภูมิที่หัวจับที่ต่ำกว่านี้อาจจะมีผลทำให้เอ็นตรงบริเวณส่วนกลางมีการแข็งตัวซึ่งจะได้ผลการทดสอบที่ผิดพลาดไป แต่ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับความยาว และขนาดของเอ็นซึ่งถ้าเป็นเอ็นที่มีความยาว และขนาดที่มากก็อาจจะสามารถใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้ได้แต่สำหรับในงานวิจัยนี้จะเลือกเป็นมาตรฐานเดียวกันที่  $-10^{\circ}\text{C}$





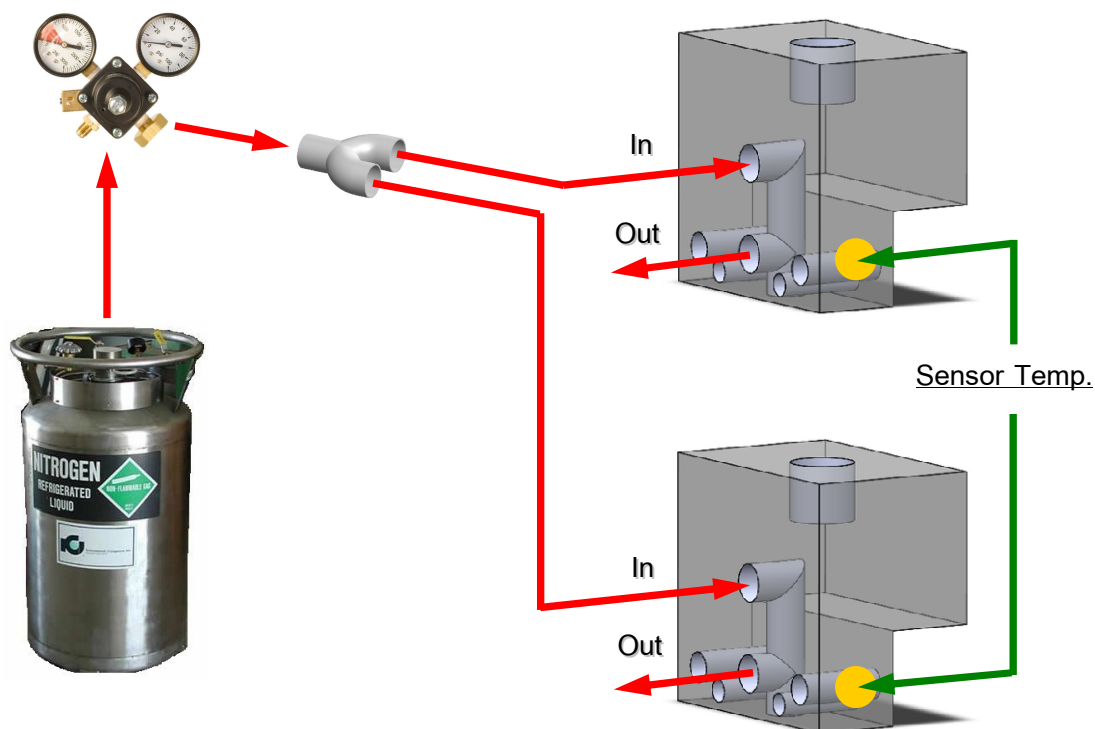
ภาพที่ 3.5

หัวจับยึดชิ้นงานเย็น (Freeze grip) ที่ออกแบบ



ภาพที่ 3.6

หัวจับยึดชิ้นงานเย็น (Freeze grip)



ภาพที่ 3.7

ลักษณะการไหลเวียนของไนโตรเจนเหลว

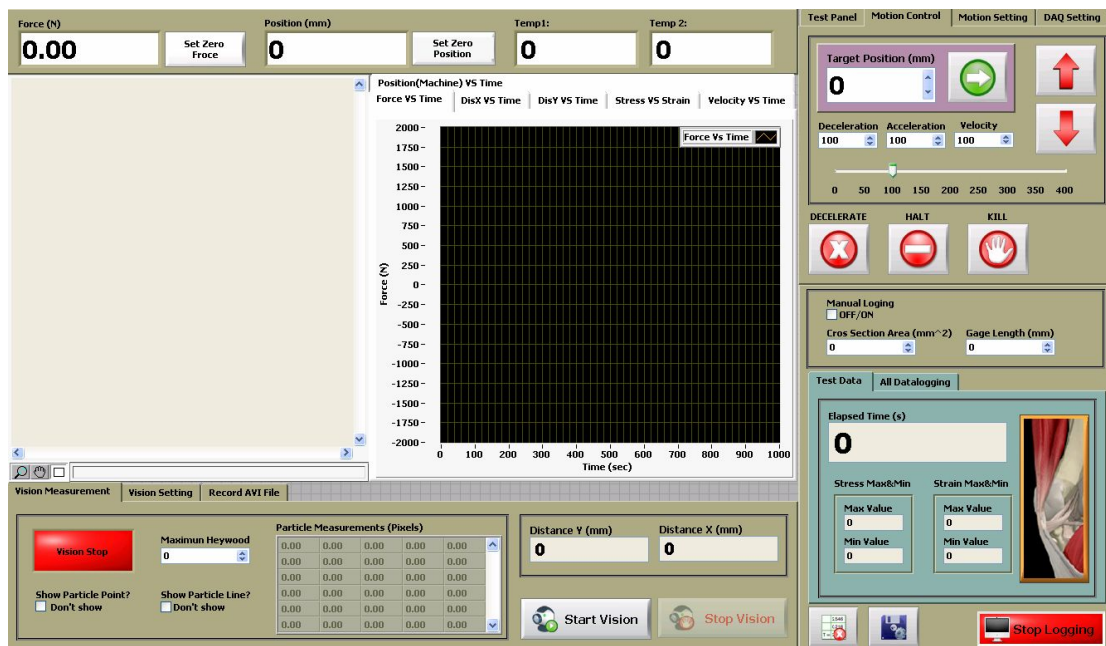
### 3.1.4 ระบบควบคุมเครื่อง

ระบบควบคุมเครื่องทดสอบจะมีความสามารถซึ่งแบ่งเป็นการควบคุมในส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. การควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย Servo Motor (Control motion)
2. การควบคุมการวัดค่าน้ำหนักหรือแรงที่ใช้ในการดึงด้วยโหลดเซลล์ (Control force)
3. การควบคุมการวัดค่าอุณหภูมิในการทดสอบด้วยเทอร์โมคัปเปิล Thermocouple (Temperature control)
4. การควบคุมการวัดค่าการเคลื่อนตัวหรือการยึดหดของวัสดุที่ทดสอบด้วยกล้อง CCD Camera (Vision control)

โดยการควบคุมจะควบคุมผ่านหน้าจอกอมพิวเตอร์ ที่มีรูปแบบดังนี้





ภาพที่ 3.8

แสดงหน้าจอในการควบคุมเครื่องจากคอมพิวเตอร์



(ก)

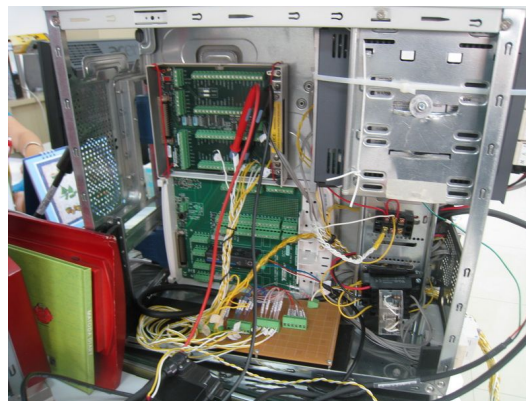


(ข)





(ค)



(ง)

ภาพที่ 3.9  
ชุดคอนโทรล

(ก) ชุดคอนโทรลก่อนการติดตั้ง

(ข), (ค), (ง) คือ ชุดคอนโทรลเมื่อติดตั้งและเดินสายไฟเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

### 3.1.5 คานรับแรง

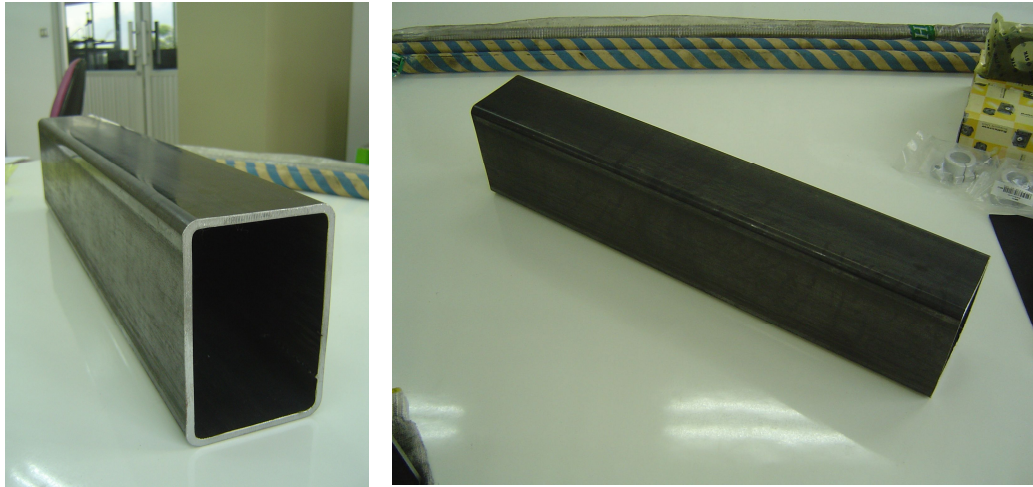
คานรับแรงจะเป็นคานที่ทำมาจากวัสดุมาตรฐาน JISG3466 ขนาดหน้าตัดกว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร โดยมีคุณสมบัติทางกลดังนี้

Tensile strength  $320 \text{ N/mm}^2$

Yield strength  $195 \text{ N/mm}^2$

Elongation % 20

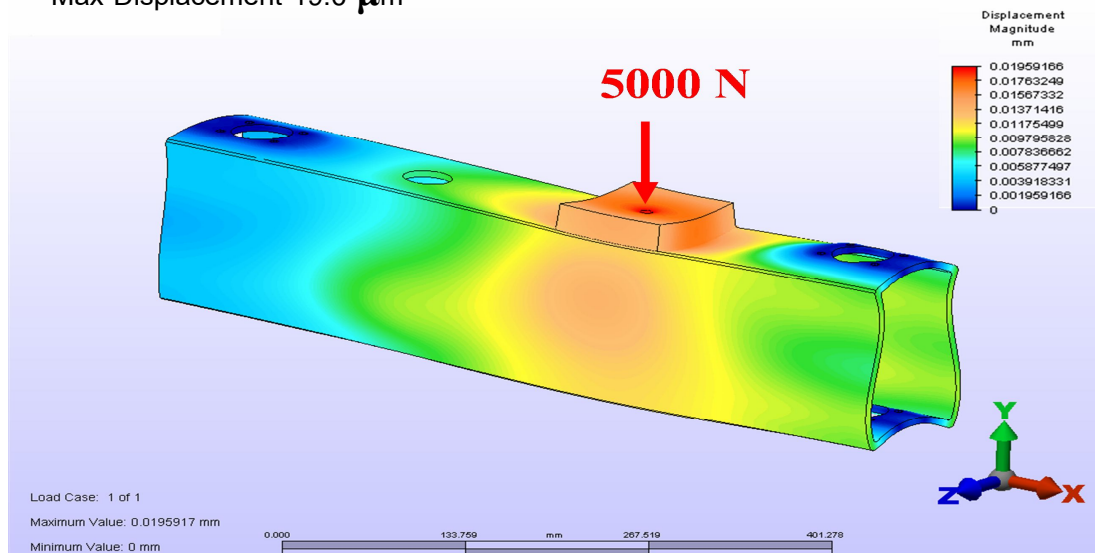
ทำการออกแบบคานรับแรงด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อดูค่าความเค้นที่เกิดขึ้น และค่าการโก่งงอของคาน ดังภาพที่ 3.11 ซึ่งพบว่าค่าการโก่งงอของคานคือ  $19.6 \mu\text{m}$  และค่าความเค้นที่เกิดขึ้นคือ  $128 \text{ N/mm}^2$  ซึ่งอยู่ในค่าที่น้อยมากซึ่งยอมรับได้และไม่ทำให้วัสดุเสียหาย



ภาพที่ 3.10

คานรับแรง

Max Displacement 19.6  $\mu\text{m}$



ภาพที่ 3.11

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของคานรับแรงที่เกิดขึ้นด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

### 3.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง

ขั้นตอนการสร้างเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลของกล้ามเนื้อจะมีด้วยกัน 13 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. ออกแบบโดยดูส่วนประกอบหลักของเครื่อง โดยจะให้เครื่องสูง 176 เซนติเมตร ช่วงของการทำงาน 100 เซนติเมตร โหลดสูงสุดที่เครื่องสามารถรับได้ 500 นิวตัน

2. เลือกระบบที่ทำงานของเครื่องทดสอบโดยใช้ระบบ มอเตอร์ขับเคลื่อนกับบอลสกรู เพื่อขับเคลื่อนคานรับแรงให้ ขึ้น-ลง และมีเสาประคองทั้ง 2 ด้านเพื่อป้องกันโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจาก โหลดบนคานรับแรง สาเหตุที่เลือกระบบนี้เนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการคำนวณ เพราะเมื่อคำนวณแรงบิดได้ก็สามารถเลือกซื้อมอเตอร์ได้เลย นอกจากนี้การติดตั้งก็ยังสามารถทำได้สะดวก และมีราคาถูก

3. กำหนด Feature การทำงานของเครื่อง ความสามารถหลัก ๆ ของเครื่องมี 3 โหมด คือ

3.1 กำหนดความเร็วคงที่ได้ (Velocity constant)

3.2 กำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้ (Position control)

3.3 กำหนดขอบเขตของแรงได้ (Limit Force)

4. คำนวณแรงบิดของมอเตอร์เพื่อให้สามารถขับโหลดที่ 500 นิวตัน ได้ ซึ่งคำนวณแรงบิดของมอเตอร์ออกมาได้เป็น 3.9 นิวตันเมตร นอกจากนี้ยังมีเกียร์ทดที่ต้องติดตั้งเพิ่มเติมซึ่งได้เลือกเกียร์ทดอัตรา 1:10

5. กำหนดขนาดของบอลสกรู และเสากลม โดยเลือกจากตารางผู้จำหน่าย

6. เลือกเสาค้ำยันด้านข้างของเครื่อง เพื่อให้สามารถรับโหลดได้และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยเลือกเป็นเสาอลูมิเนียมโปรไฟล์ หน้าตัดทรงสี่เหลี่ยม ซึ่งมีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงสูง

7. เลือกวัสดุของฐานเครื่องโดยคำนึงถึงน้ำหนัก และขนาดของฐานเครื่องซึ่งไม่ควรจะหนักเกินไปเพราะจะทำให้เคลื่อนย้ายได้ยาก และไม่ควรจะเบาเกินไปเพราะจะทำให้เครื่องไม่มั่นคงเมื่อเวลาใช้งานจริง จึงควรเลือกวัสดุและขนาดให้เหมาะสม โดยวัสดุที่ใช้จะเป็น อลูมิเนียม ทั้งหมด

8. วาด CAD 3 มิติเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจน และกำหนดขนาดคานที่รับแรงเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แต่การกำหนดขนาดคานรับแรงก็ต้องสำรวจขนาดของ

คานที่มีขายตามท้องตลาดก่อนถึงจะสามารถกำหนดขนาดด้วย

9. ปรับปรุงขนาดของโครงสร้างที่ออกแบบ โดยกำหนดขนาดรูเจาะ และตำแหน่งของการติดตั้งของเสากลม บอลสกรู มอเตอร์ และโหลดเซลล์ ให้เหมาะสมกับขนาดของเครื่อง

10. ออกแบบตัวจับชิ้นงานให้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามชนิดของงานที่จะทดสอบ ซึ่งถ้าต้องการจะทดสอบเย็นก็จะเป็นหัวจับยึดชิ้นงานเย็น (Freeze clamp) (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อ 3.1.3) ทำหน้าที่จับยึดชิ้นโดยมีไนโตรเจนเหลวไหลเวียนอยู่ ทำให้เย็นบริเวณตัวจับแข็งตัวเมื่อเวลาถึงโหลดเย็นจะได้ไม่ฉีกขาดบริเวณตัวจับ

11. ทำแบบเขียนแบบ (Drawing) เพื่อเตรียมการ Machine ด้วยเครื่อง CNC ซึ่งจะมีการเจาะคาน เจาะฐานเครื่อง และเก็บรายละเอียดต่าง ๆ

12. ประกอบชิ้นส่วนย่อยเข้าด้วยกันโดยจะต้องคำนึงถึงความ Alignment เป็นหลัก

13. ติดตั้งระบบควบคุมเครื่องทดสอบ

### 3.3 การสอบเทียบเครื่องทดสอบ (Calibrate)

#### 3.3.1 โหลดเซลล์

โหลดเซลล์ที่ใช้ได้ผ่านการทดสอบคุณภาพ และมาตรฐานจากผู้ผลิต และผ่านการทดสอบการทำงานที่เป็นปกติของสินค้าจากผู้จำหน่ายแล้วว่าสามารถใช้งานได้ดีจากการใช้งานอย่างถูกวิธี

#### Calibration Certificate

| Model             | DBBP-500     | Serial No.                | G37770            |
|-------------------|--------------|---------------------------|-------------------|
| Rated capacity    | 500 kgf      | Compensated temp. range   | -10 ~ 70°C        |
| Rated output      | 2.9984 mV/V  | Temp. effect on R.O.      | ≤ 0.03% LOAD/10°C |
| Input resistance  | 349.8 Ω      | Temp. effect on zero bal. | ≤ 0.03% R.O./10°C |
| Output resistance | 350.3 Ω      | Insulation resistance     | 2.000MΩ at 50V DC |
| Non-linearity     | ≤ 0.03% R.O. | Excitation, recommended   | 10 VDC            |
| Hysteresis        | ≤ 0.03% R.O. | Excitation, maximum       | 15 VDC            |
| Non-repeatability | ≤ 0.02% R.O. | Load type                 | Ten. & Comp.      |
| Zero balance      | ≤ 1.00% R.O. | Safe overload             | 150% R.C.         |
| Creep (in 20min)  | ≤ 0.03% R.O. | Ultimate overload         | 300% R.C.         |

Date: 2007.01.31

Tested by:

Inspected by:

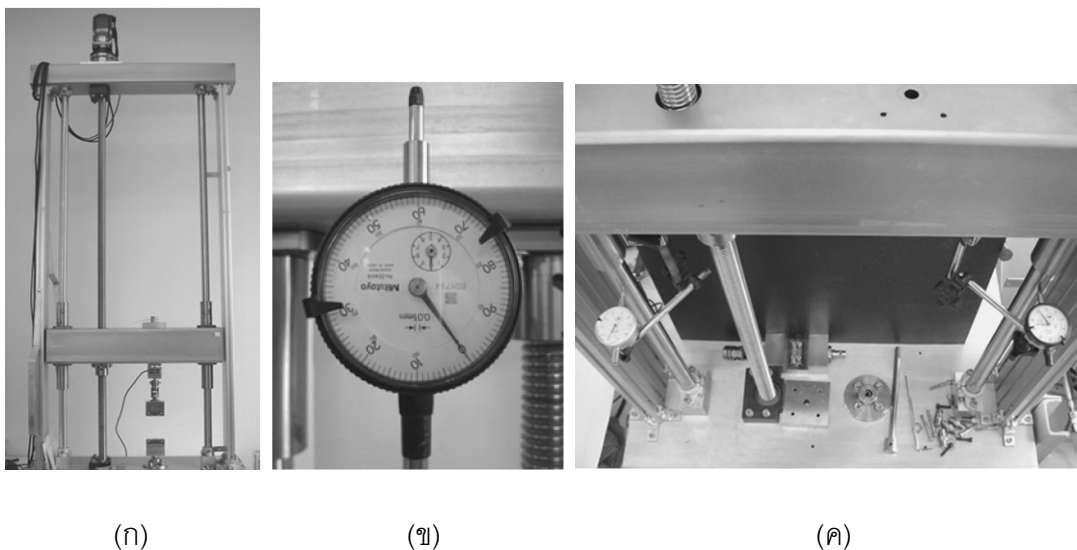
**BONGSHIN**<sup>®</sup>

ภาพที่ 3.12

ใบรับรองการทดสอบคุณภาพโหลดเซลล์

### 3.3.2 ทดสอบ Alignment

เสาเส้นมีหน้าที่รับโหลดแบบแรงบิดที่เกิดขึ้นบนคานหลัก จึงมีความสำคัญในการทดสอบความสามารถขณะรับโหลดดังกล่าว เพื่อบอกถึงการโก่งตัวของคานหลักที่มากขึ้น ขณะทดสอบว่าการโก่งตัวที่เกิดขึ้นสามารถยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้



ภาพที่ 3.13

การทดสอบหา Alignment ของเสาเส้นขณะมีการเคลื่อนที่

(ก) เครื่องทดสอบดึง

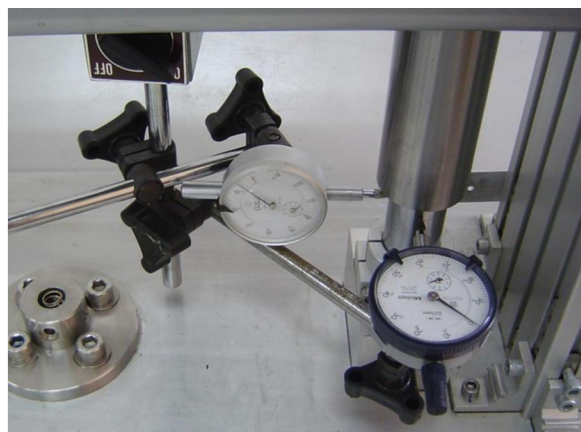
(ข) ไดอัลเกจ (Dial gage) ที่ใช้ในการวัดระยะมีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

(ค) การติดตั้งไดอัลเกจ (Dial gage) เพื่อวัดระยะการเคลื่อนตัวของเสาเส้นขณะรับโหลด

ติดตั้งไดอัลเกจ (Dial gage) บนแท่นแม่เหล็กเพื่อนำไปยึดติดบนคานหลักโดยแท่นแม่เหล็ก 1 ตัว ติดตั้งไดอัลเกจ (Dial gage) 2 ตัว ดังภาพที่ 3.14 เพื่อวัดระยะการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น



(ก)



(ข)

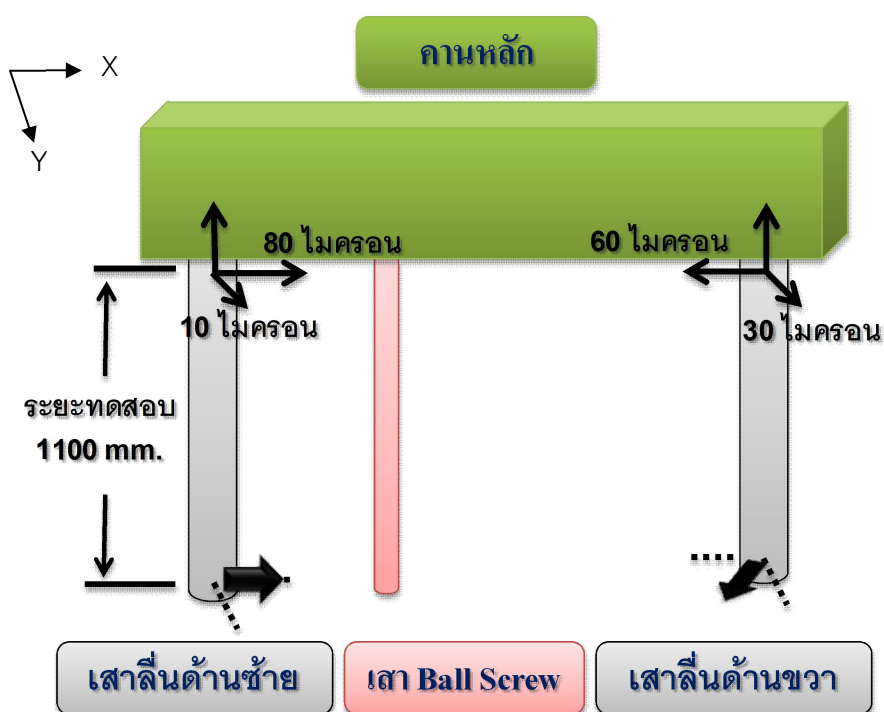
ภาพที่ 3.14  
การติดตั้งไดอัลเกจ

(ก) เสาลิ้นด้านซ้าย

(ข) เสาลิ้นด้านขวา

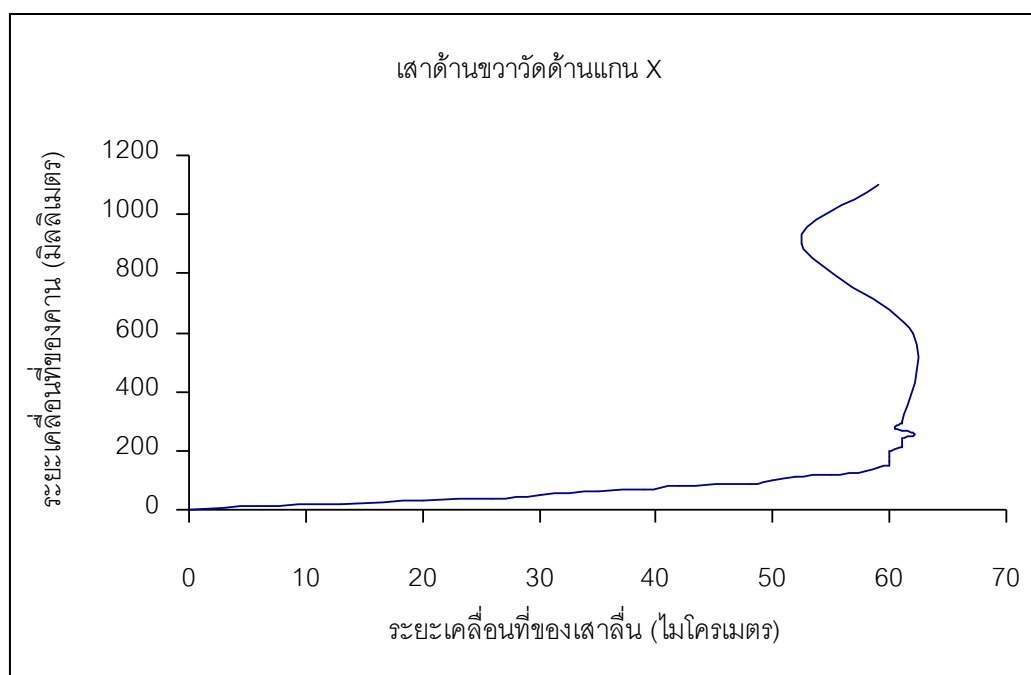
การติดตั้งไดอัลเกจ (dial gage) 2 ตัวต่อเสาลิ้น 1 เสาลิ้นเพื่อวัดระยะการเคลื่อนตัวใน 2 แนวแกน

ทดสอบที่ระยะการเคลื่อนตัวของคานหลักเป็นระยะ 1100 มิลลิเมตรซึ่งผลการทดสอบที่ได้เป็นดังภาพที่ 3.15 โดยเสาลิ้นทางด้านซ้ายที่ใกล้กับเสาบอลลสกรู จะโค้งเข้าหาบอลลสกรูเป็นระยะ 80 ไมครอนเมื่อคานหลักเคลื่อนที่ขึ้นไปเป็นระยะทาง 1100 มิลลิเมตร ส่วนเสาลิ้นทางด้านขวา จะโค้งเข้าหาบอลลสกรูเช่นกันเป็นระยะ 60 ไมครอนเมื่อคานหลักเคลื่อนที่ขึ้นไปเป็นระยะทาง 1100 มิลลิเมตร และเอียงไปทางด้านหน้าเครื่องทดสอบอีกเล็กน้อย ซึ่งค่าที่วัดได้อยู่ในช่วงที่ยังยอมรับได้โดยภาพที่ 3.16 - 3.19 แสดงผลการทดสอบตลอดช่วงของระยะการเคลื่อนที่เกิดขึ้นของเสาลิ้นทางด้านซ้าย และขวาในทิศทาง X และ Y ดังภาพที่ 3.16 - 3.19



ภาพที่ 3.15

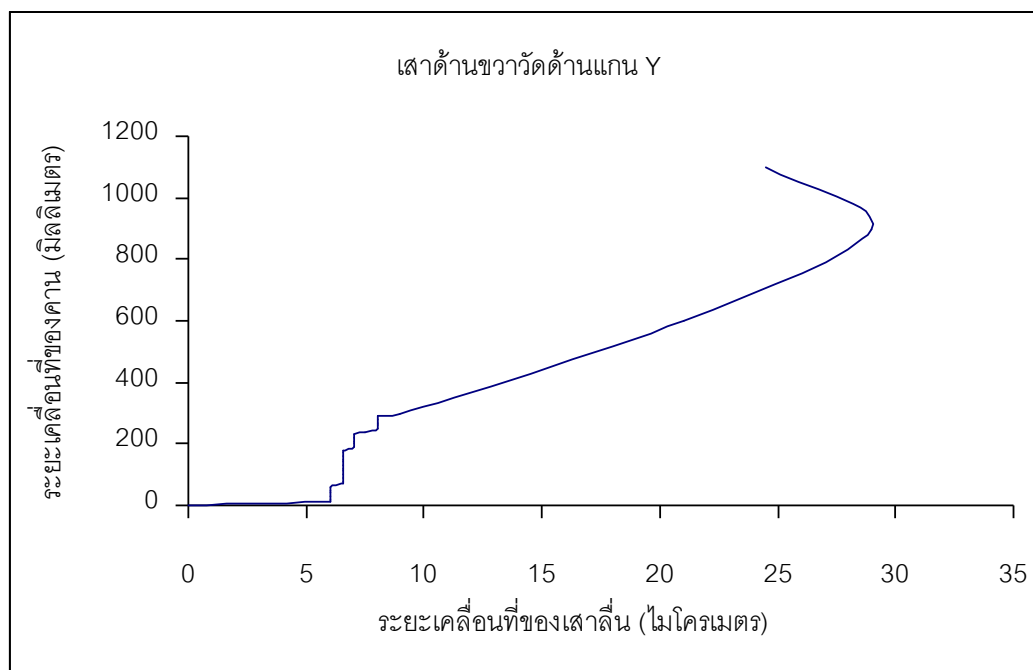
แสดงการเคลื่อนที่ของเสาทั้งสองด้าน



ภาพที่ 3.16

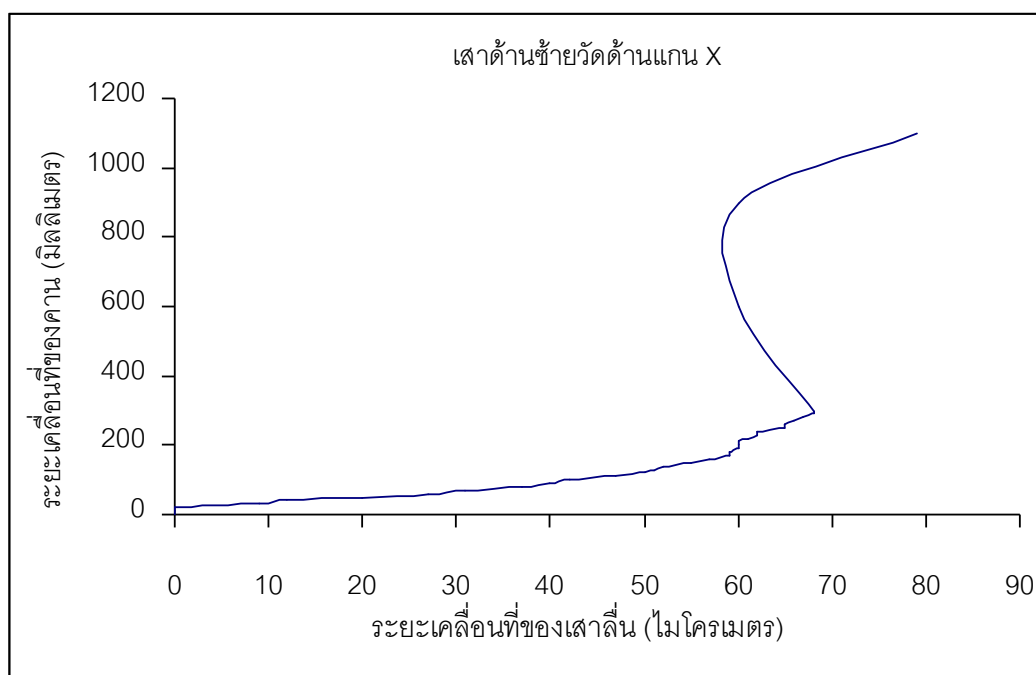
ผลการทดสอบตลอดช่วงของระยะการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นของเสาด้านขวาวัดระยะแกน X





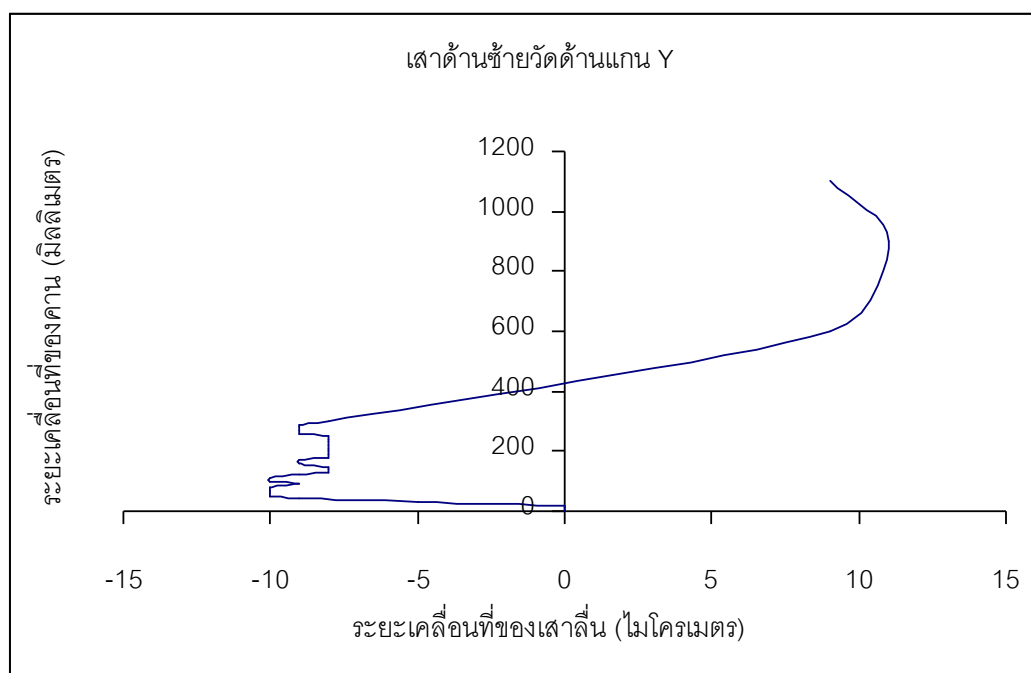
ภาพที่ 3.17

ผลการทดสอบตลอดช่วงของระยะการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นของเสาด้านขวาวัดระยะแกน Y



ภาพที่ 3.18

ผลการทดสอบตลอดช่วงของระยะการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นของเสาด้านซ้ายวัดระยะแกน X



ภาพที่ 3.19

ผลการทดสอบตลอดช่วงของระยะการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นของเสาด้านซ้ายวัดระยะแกน Y

### 3.3.3 ทดสอบระยะเคลื่อนตัว

การเคลื่อนตัวของคานจะสามารถตรวจสอบได้จากการสั่งให้คานเคลื่อนตัวจากโปรแกรมควบคุมเครื่องแล้ววัดผลเทียบกับเครื่องมือวัดระยะการเคลื่อนตัวซึ่งใช้ไดอัลเกจ (Dial gages) วัดระยะละเอียด และเวอร์เนีย (Vernier caliper) วัดระยะหยาบ ซึ่งผลที่ได้คือค่าความคลาดเคลื่อนแทบจะไม่มีหรือมีค่าที่น้อยมาก

### 3.3.4 ทดสอบกับวัสดุที่ได้มาตรฐาน

วัสดุที่นำมาทดสอบคือ พอลิโพรไพลีน ซึ่งวัสดุชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ไม่แข็งจนเกินไปและไม่อ่อนจนเกินไป สามารถหาได้ง่าย และมีความเป็นออสติก และพลาสติกในตัวมันเอง ซึ่งเหมาะแก่การนำมาเป็นวัสดุทดสอบเครื่อง

ลักษณะของวัสดุที่นำมาทดสอบจะมีการขึ้นรูปเป็น Dog bone ที่ได้ตามมาตรฐาน ASTM 638

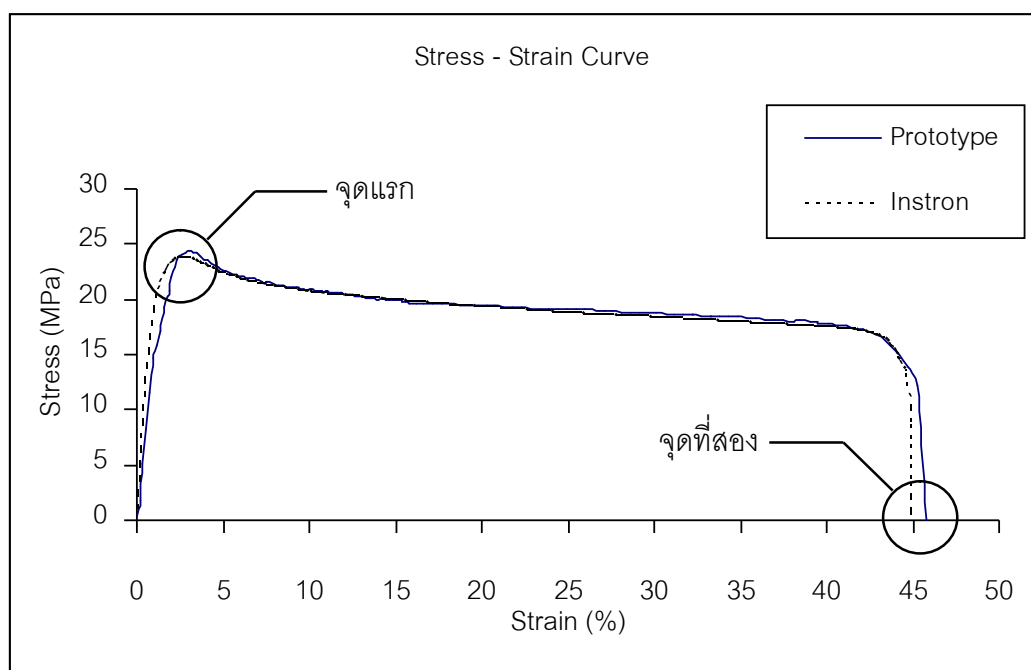


ภาพที่ 3.20  
การติดตั้งตัวอย่างวัสดุเพื่อเตรียมการทดสอบ

การติดตั้งชิ้นงานโดยใช้ตัวจับยึดชิ้นงานจับที่ด้านบนและด้านล่างของชิ้นงาน เพื่อเตรียมที่จะทดสอบ เมื่อเริ่มการทดสอบจะใช้แรงเริ่มต้นในการดึงวัสดุอยู่ที่ 2 นิวตัน แล้วเริ่มดึงวัสดุโดยใช้ความเร็วในการดึงอยู่ที่ 50 mm/min จากนั้นเก็บค่าของแรงในวัสดุ และค่าการยืดตัวของวัสดุ โดยจะใช้ระยะยืดของเครื่องโดยคำนวณจาก Encoder ของมอเตอร์แล้วนำมาคำนวณเป็นความสัมพันธ์ของความเค้น และความเครียด

สาเหตุที่ใช้ Encoder ของมอเตอร์คำนวณหาระยะยืดเนื่องจากการใช้ Extensometer จะเป็นการหนีบเข้ากับตัวชิ้นงานซึ่งถ้าในกรณีของเอ็นจะไม่สามารถใช้ Extensometer ประเภทนี้เพราะเอ็นจะมีลักษณะอ่อนนุ่ม และ Extensometer ที่ขายตามท้องตลาดจะมีราคาสูงมาก ซึ่งในอนาคตจะต้องมีการพัฒนา Video extensor มาใช้ในการคำนวณระยะยืดกับวัสดุประเภทนี้แทนในกรณีที่ต้องการข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และเพื่อให้ได้ค่าของระยะยืดที่ละเอียดมากขึ้น

นำความสัมพันธ์ของกราฟความเค้น ความเครียด มาเทียบกับระหว่างเครื่องทดสอบที่ได้รับมาตรฐานซึ่งเป็นเครื่องยี่ห้อ Instron กับเครื่องทดสอบวัสดุที่สร้างขึ้นเอง



ภาพที่ 3.21

ความสัมพันธ์ความเค้น ความเครียดของพอลิโพรไพลีน

จากกราฟที่แสดงดังภาพที่ 3.21 เป็นความสัมพันธ์ของความเค้น และความเครียด จะเห็นว่า มีลักษณะความโค้งของกราฟที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งสามารถคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนได้ แต่จะไม่สามารถคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนในทุก ๆ จุดที่ทดสอบเนื่องจากข้อมูลที่เก็บไม่ได้มีจำนวนที่เท่ากัน แต่จะเลือกเฉพาะจุดที่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยจุดที่มีความแตกต่างกันจุดแรกคือ จุดค่าความเค้นสูงสุดของวัสดุ เครื่อง Instron จะเท่ากับ 24.32 MPa และเครื่องทดสอบวัสดุที่สร้างขึ้น (Prototype) จะเท่ากับ 23.78 MPa ซึ่งถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจะมีค่าเท่ากับ 2.27% จุดที่สองคือ จุดค่าความเครียดสูงสุด เครื่อง Instron จะเท่ากับ 44.88% (เปอร์เซ็นต์การยืดตัว) และเครื่องทดสอบวัสดุที่สร้างขึ้น (Prototype) จะเท่ากับ 45.77% (เปอร์เซ็นต์การยืดตัว) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 1.94% ทั้ง 2 ค่านี้ถือว่าเป็นค่าที่มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยมาก ซึ่งอาจจะเป็นเพียงผลกระทบของวัสดุที่นำมาทดสอบที่เป็นคนละชิ้นกัน ด้วยเหตุนี้เครื่องทดสอบวัสดุที่สร้างขึ้นโดยผ่านการเทียบความแม่นยำของเครื่องด้วยความสัมพันธ์ของกราฟความเค้น ความเครียดซึ่งถือได้ว่ามีความแม่นยำในจุดที่ยอมรับได้