



การพัฒนาระบบสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องเจาะดิน  
DEVELOPMENT OF VIBRATION SYSTEM FOR SOIL DRILLER

กรรณิการ์ สีวิโสตร์  
KANNIKA SEWISOD

ณัฐธิดา เป้าทอง  
NATTATIDA PAOTONG

ณัฐพล ตี๊พัว  
NATTAPON TIPHUA

สุรศักดิ์ แซ่ฉั่ว  
SURASAK SAE-CHUA

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาระบบสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องเจาะดิน  
DEVELOPMENT OF VIBRATION SYSTEM FOR SOIL DRILLER



กรรณิการ์ สีวิโสตร

KANNIKA SEWISOD

ณัฐธิดา เป้าทอง

NATTATIDA PAOTONG

ณัฐพล ตีฬัว

NATTAPON TIPHUA

สุรศักดิ์ แซ่ฉั่ว

SURASAK SAE-CHUA

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DEVELOPMENT OF VIBRATION SYSTEM FOR SOIL DRILLER

KANNIKA SEWISOD

NATTATIDA PAOTONG

NATTAPON TIPHUA

SURASAK SAE-CHUA

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE  
DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
PRINCE OF CHUMPHON

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2023**

**DEPARTMENT OF ENGINEERING**



**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	การพัฒนาระบบสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องเจาะดิน	
PROJECT TITLE	DEVELOPMENT OF VIBRATION SYSTEM FOR SOIL DRILLER	
ชื่อนักศึกษา	กรรณิการ์ สิวีสตร	รหัสประจำตัว 62201025
	ณัฐธิดา เป้าทอง	รหัสประจำตัว 62201046
	ณัฐพล ตี๊พั้ว	รหัสประจำตัว 62201050
	สุรศักดิ์ แซ่ฉั่ว	รหัสประจำตัว 62201104
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์	
ปริญญาานิพนธ์		

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 9 มิถุนายน 2566 เวลา 11.00 – 12.00 น.  
สถานที่สอบ ณ ห้อง B213

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาระบบสันสะเทือนสำหรับเครื่องเจาะดิน		
ชื่อนักศึกษา	นางสาว กรรณิการ์ สีวิโสตร	รหัสประจำตัว	62201025
	นางสาว ณิชฐธิดา เป้าทอง	รหัสประจำตัว	62201046
	นาย ณิชพล ตี๊พัว	รหัสประจำตัว	62201050
	นายสุรศักดิ์ แซ่ฉั่ว	รหัสประจำตัว	62201104
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์		
ปริญญานิพนธ์			

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างตัวกระตุ้นการสันสะเทือนสำหรับเครื่องเจาะดินและประเมินหาอัตราการเจาะและแรงบิดที่เกิดขึ้น ตัวกระตุ้นที่ถูกสร้างขึ้นสามารถทำความเร่งให้กับชุดทดลองด้วยค่า 0g 0.58g และ 2.07g จากนั้นนำชุดทดลองน้ำหนัก 25 35 และ 45 kg พร้อมใบสกรูแบบ CVWS TBWS และ BBWS ไปทดสอบภาคสนามพบว่าการใช้ใบสกรูแบบ TBWS ร่วมกับความเร่งตัวกระตุ้นที่ 0.58g และน้ำหนักชุดทดลองที่ 35 kg จะทำให้แรงบิดที่เกิดขึ้นมีค่าน้อย (4.5 N.m) และอัตราการเจาะดินเร็วกว่าใบสกรูแบบอื่น

**คำสำคัญ:** ตัวกระตุ้น, แรงบิด, อัตราการเจาะ

<b>Project Title</b>	Development of Vibration System for Soil Driller	
<b>Student</b>	Miss Kannika Sewisod	<b>Student ID</b> 62201025
	Miss Nattatida Paotong	<b>Student ID</b> 62201046
	Mr. Nattapon Tiphua	<b>Student ID</b> 62201050
	Mr.Surasak Sae-Chua	<b>Student ID</b> 62201104
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering	
<b>Program</b>	Mechanical Engineering	
<b>Project Advisor</b>	Asst. Prof. Dr. Chompoonud Kulketwong	

## ABSTRACT

The purpose of this project was to design and fabricate a vibration actuator for an soil driller and to evaluate the excavation rate and torque. The exciter could generate the acceleration for the experimental device at 0g, 0.58g and 2.07g. Then the test set with the weight of 25, 35 and 45 kg and the screw types of CVWS, TBWS and BBWS were field tested. The results found that TBWS screw that associated with the actuator acceleration of 0.58g and weight of 35 kg caused the minimum torque (4.5 N.m) and excavation rate less than the other conditions.

**Keyword:** Actuator , Torque, Excavation rate.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จได้เพราะมีความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวคือ ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทที่ให้ความใส่ใจให้คำปรึกษา คำแนะนำแนวคิดความรู้ต่างๆ ทั้งในตำราเรียนและนอกตำรา อีกทั้งประสบการณ์ชีวิตที่มาเล่าสู่กันฟัง และช่วยเหลือเสมอมาขอขอบคุณ ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญาโท ขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ได้แก่ เสก เวฟ แอ้ม ปอนด์ ตะวัน เสียนท์ นีต เบฟ นุ่น บอม โย โก้ โก้ คิม มอส บอย โบว์ เปีย แจม บ่อม น้องฟอร์ด น้องบาส น้องเฟิร์ส น้องอาร์ต และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพภักดี ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุก ๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณและกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

กรรณิการ์ สิวีสตร

ณัฐธิดา เป้าทอง

ณัฐพล ตี๊พัว

สุรศักดิ์ แซ่ฉั่ว

มิถุนายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงาน	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.7 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การสันสະเพื่อน	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	9
3.1 การออกแบบและสร้างระบบสันสະเพื่อน	9
3.2 การทดสอบภาคสนาม	18
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	24
4.1 ผลการหาความขึ้นดิน	24

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 อัตราเร่งของตัวสั้นสะเทือน	24
4.3 อัตราการเจาะดิน	25
4.4 แรงบิดที่เกิดขึ้นจากใบสกรูแบบต่างๆ	27
4.5 ลักษณะของหลุมที่เจาะได้จากใบสกรูต่างๆ	29
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	33
5.1 สรุปผลการทดลอง	33
5.2 ปัญหาที่พบ	33
5.3 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	36
ภาคผนวก ก แบบอุปกรณ์และชุดทดลอง	37
ภาคผนวก ข โปรแกรม LabVIEW 2015	45
ภาคผนวก ค ตารางผลการทดลอง	49
ประวัติผู้เขียน	56

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินการออกแบบและสร้างตัวกระตุ้นการสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องเจาะดิน	3
3.1	ตารางลำดับการทดลองจากสถานที่ A และ สถานที่ B	21
4.1	ตารางความเร่งของตัวสั่นสะเทือนที่มีผลต่อความเร่งของชุดทดลองที่น้ำหนักและใบสกรูแบบต่างๆ	24
4.2	ตารางแสดงความกว้าง ความลึก และการกระจายตัวของดิน	31
ค.1	ชนิดของใบและค่าทอร์กสูงสุด (N.m) จากสถานที่ A	50
ค.2	ชนิดของใบและค่าทอร์กสูงสุด (N.m) จากสถานที่ B	50
ค.3	ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน x ในสถานที่ A	51
ค.4	ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน x ในสถานที่ B	51
ค.5	ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน y ในสถานที่ A	52
ค.6	ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน y ในสถานที่ B	53
ค.7	ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน z ในสถานที่ A	54
ค.8	ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน z ในสถานที่ B	54

I

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงาน	2
3.1	Rotary Encoder	10
3.2	แบบงานเหวี่ยงออกแบบด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS 2020	11
3.3	กลิ้งปาดหน้างานเหวี่ยง	11
3.4	เจาะรูงานเหวี่ยง	12
3.5	มิลลิ่งหน้างานเหวี่ยง	12
3.6	กลิ้งแกนเพลลา	13
3.7	แกนเพราและงานเหวี่ยง	13
3.8	บูชสเปเซอร์	14
3.9	เจาะรู	14
3.10	ประกอบงานเหวี่ยงเข้ากับตลับลูกปืน และประกอบฐานรองรับโหลด	15
3.11	เฟืองโซ่แบบมีดุม	15
3.12	เฟืองโซ่แบบมีดุมติดกับมอเตอร์	16
3.13	ระบบชุดควบคุมและติดตั้ง	16
3.14	ติดตั้งรอกสลิง กับตัวเครื่อง	17
3.15	ติดตั้ง Rotary Encoder	17
3.16	รูปวงจร	18
3.17	พิกัด GPS ในการทดลอง	19
3.18	เก็บตัวอย่างดิน	20
3.19	รูปชั่งน้ำหนักของดินใส่ถุง	20
3.20	รูปแทนทดสอบ	22
3.21	รูประดับความลึกที่ใบสกรูลงไป	22
3.22	ยกหัวเจาะขึ้น	23
4.1	อัตราการเจาะดินของใบสกรู CVWS	26
4.2	อัตราการเจาะดินของใบสกรู TBWS	26
4.3	อัตราการเจาะดินของใบสกรู BBWS	27
4.4	แรงบิดที่เกิดขึ้นจากใบสกรู CVWS	27
4.5	แรงบิดที่เกิดขึ้นจากใบสกรู TBWS	28

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	แรงบิดที่เกิดขึ้นจากใบสกรู BBWS	28
4.7	ค่าความเร่งตามพิกัด xyz	29
4.8	การกระจายตัวของดินของใบ CVWS	30
4.9	การกระจายตัวของดินของใบ BBWS	30
4.10	การกระจายตัวของใบ TBWS	31



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

การขุดเจาะดินเพื่อการติดตั้งเสา สิ่งก่อสร้างและเพาะปลูกในการทำเกษตรกรรม เป็นหนึ่งในกิจกรรมที่มีความสำคัญและความจำเป็น การดำเนินการโดยส่วนใหญ่จะแบ่งเป็น 2 วิธี คือ ใช้เครื่องมือขุดด้วยแรงงานคนและการใช้เครื่องทุ่นแรงขุดโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานควบคุม ในการขุดเจาะด้วยเครื่องทุ่นแรงขนาดเล็ก โดยทั่วไปนิยมใช้เครื่องเจาะแบบสกรูที่ขับเคลื่อนด้วยต้นกำลังจากเครื่องยนต์โดยตรงหรือจากมอเตอร์ไฮดรอลิกและความสามารถในการเจาะจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อาทิ เช่น ต้นกำลัง ขนาดใบสกรูและชนิดของใบสกรู เป็นต้น

หนึ่งในปัจจัยหลักของประสิทธิภาพในการขุดเจาะ คือ ใบสกรูเจาะดิน ซึ่งมีลักษณะเป็นใบเกลียวติดกับแกนหมุนและส่วนปลายมีลักษณะเรียวแหลมและเอียงทำมุมเพื่อให้ง่ายต่อการเริ่มต้นเจาะและลำเลียงดินขึ้นจากหลุม การออกแบบใบสกรูและกรรมวิธีในการขึ้นรูปจะมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการเจาะดิน โดยใบสกรูเจาะที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติในการเจาะรูได้อย่างรวดเร็ว รูเจาะมีลักษณะคงรูป สามารถใช้งานได้ทุกสภาพดิน ใช้พลังงานในการเจาะที่น้อย มีความคงทนและราคาถูก มีนักประดิษฐ์และผู้วิจัยหลายท่าน [1] ได้พยายามออกแบบและคิดค้นสกรูเจาะ เพื่อให้มีประสิทธิภาพตามต้องการ อาทิเช่น ธนพล และคณะ [1]

ได้ทำการทดสอบสกรูโดยประยุกต์ใช้เทคนิคไปโอมิเมติกส์เพื่อลดแรงยึดเกาะระหว่างดินกับใบสกรูของเครื่องเจาะดิน พบว่า เมื่อใช้ใบสกรูแบบไปโอมิเมติกส์ชนิดผิวด้านล่างสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลำเลียงดินขึ้นจากหลุมได้ดีกว่าชนิดอื่นแต่ไม่เหมาะกับการเจาะดินที่มีความแข็งมากกว่า 2 MPa กลไกแบบผสมซึ่งออกแบบมาจากวิธีการเลียนแบบสิ่งมีชีวิต เช่น ตัวตุ่น ก็เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถทำให้ประสิทธิภาพในการเจาะดีขึ้น [2] และ Lee et.al [2-3] ได้รายงานว่ารูเจาะที่สามารถปรับเพิ่มลดขนาดขณะเจาะได้จะส่งผลดีต่อการเจาะและการคายดินได้มากขึ้น นอกจากนี้ในการเจาะรูค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสกรูกับผนังหลุมเจาะยังมีผลกระทบต่อความสามารถในการถ่ายโอนแรงและขีดจำกัดในการขุดเจาะแต่สามารถลดผลกระทบเหล่านี้ลงได้โดยการใช้เทคนิคการสั่นสะเทือนแบบบังคับ ด้วยแอมพลิฟิเคชันและความถี่ที่เหมาะสมมาช่วยเสริมให้ประสิทธิภาพในการเจาะดีขึ้นได้ [4]

จากประเด็นปัญหาที่ได้กล่าวไปแล้วจะเห็นได้ว่าการปรับปรุงสกรูขุดเจาะให้มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมที่ต้องการนำไปใช้งานเป็นประเด็นที่มีความสำคัญและควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม หาเทคนิคใหม่ๆ เพื่อให้การใช้งานดีขึ้นและสามารถเพิ่มขีดจำกัดในการปฏิบัติงาน จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจและค้นคว้าเพิ่มเติม

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างตัวกระตุ้นการสั่นสะเทือนสำหรับเครื่องเจาะดิน
- 1.2.2 เพื่อประเมินหาอัตราการเจาะและแรงบิดที่เกิดขึ้น

## 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 ถ้าเพิ่มการสั่นสะเทือนจะทำให้การเจาะดินได้เร็วขึ้น

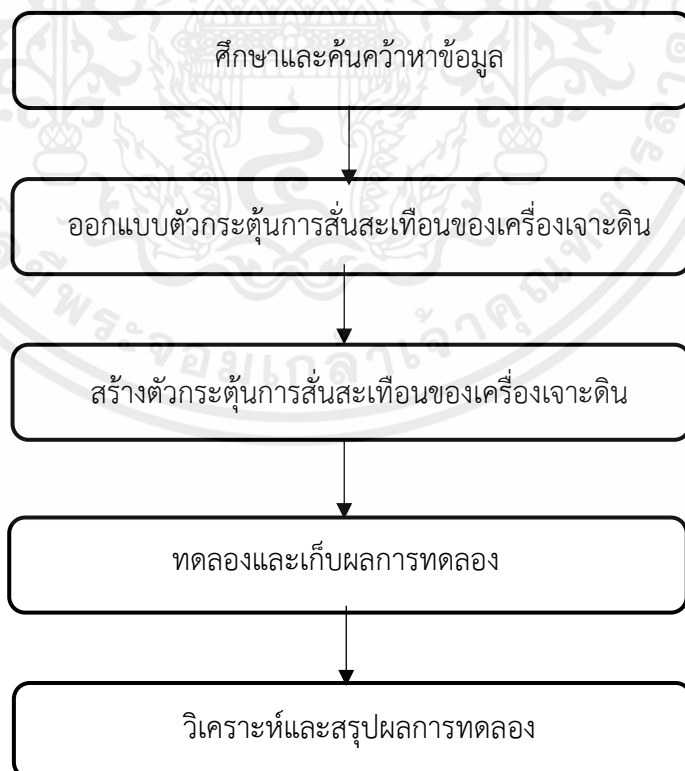
## 1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1.4.1 ทดสอบกับดินทรายที่มีค่าไม่เกิน 6% db
- 1.4.2 ทดสอบด้วยโบสกรูแบบเรียบทั้งสองด้าน (CVWS) แบบมีลายไปโอมิเมติกส์ด้านบน (TBWS) แบบมีลายไปโอมิเมติกส์ด้านล่าง (BBWS)

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ข้อมูลแรงบิด และอัตราการเจาะของโบสกรูแบบต่างๆ

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการออกแบบและสร้างตัวกระตุ้นการสันเสื่อเทือนสำหรับเครื่องเจาะดิน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินการ 2565-2566									
	2565					2566				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. รวบรวมและศึกษาข้อมูลเอกสารที่เกี่ยวข้อง	←→									
2. ออกแบบชุดการทดลอง		←→								
3. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์			←→							
4. สร้างชุดการทดลอง				←→						
5. ทดลองและปรับแก้					←→					
6. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล							←→			
7. สรุปผลการทดลอง								←→		
8. ทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									←→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีหลักการต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นข้อมูลสำหรับโครงงานนี้

### 2.1 การสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือน (Vibration) คือ การแกว่งหรือการสั่นของวัตถุรอบๆ จุดสมดุล ยกตัวอย่างเช่นการแกว่งของลูกตุ้มการสั่นสะเทือนของปั้มน้ำ หรือแม้กระทั่งการสั่นสะเทือนของลำโพง มอเตอร์ เครื่องซักผ้า เป็นต้น เห็นได้ว่าความสั่นสะเทือนมีทั้งคุณประโยชน์และข้อเสีย โดยส่วนใหญ่เราตรวจสอบความสั่นสะเทือนของเครื่องมือ และอุปกรณ์ เพื่อนำไปวิเคราะห์และป้องกันความเสียหายของเครื่องจักรกล ความสั่นสะเทือนแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ การสั่นสะเทือนแบบอิสระ (Free vibration) และการสั่นสะเทือนแบบบังคับ (Forced vibrations)

#### 2.1.2 แรงบิด

แรงบิด (Torque) คือ แรงที่ทำให้เกิดการหมุนหรือการบิดรอบแกนของเพลามอเตอร์ เป็นแรงที่ใช้เพื่อส่งกำลังให้เคลื่อนที่ไป แรงบิดจะมีค่าแตกต่างกันไปที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ต่างๆ หาได้จากสมการที่ 2.1

$$T = F \times R \quad (2.1)$$

โดย T คือ แรงบิด (N.m)  
F คือ แรง (N)  
R คือ รัศมี (m)

#### 2.1.3 ความเร่ง

ความเร่ง (Acceleration) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว หรือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา เนื่องจากความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ ความเร่งจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ด้วยมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>) จากสมการที่ (2.2)

$$\vec{a} = \frac{\text{ความเร็ว}}{\text{เวลา}} \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร่งเฉลี่ย (Average acceleration) คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว เทียบกับช่วงเวลาทั้งหมดของการเคลื่อนที่ จากสมการที่ (2.3)

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_B - \vec{v}_A}{t_B - t_A} \quad (2.3)$$

#### 2.1.4 สมการพลังงาน

สามารถแสดงสูตรพลังงานกลเป็น :

$$M.E = K.E + P.E \quad (2.4)$$

$$K.E. = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \quad (2.5)$$

และ

$$P.E. = m \times g \times h \quad (2.6)$$

ดังนั้น

$$M.E. = \frac{1}{2} \times m \times v^2 + m \times g \times h \quad (2.7)$$

โดย

- M.E. = พลังงานเครื่องกล
- K.E. = พลังงานจลน์
- P.E. = พลังงานศักย์
- M = มวลของวัตถุ
- G = การเร่งความเร็วเนื่องจากแรงโน้มถ่วง
- h = ตำแหน่งความสูง
- v = ความเร็วของวัตถุที่วัตถุ

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Lee et al. [2] ได้ศึกษาแนวความคิดการออกแบบหุ่นยนต์ชุดแบบใหม่ที่ใช้กลใช้แบบผสมด้วยวิธีการเรียนแบบชีวิตที่สามารถขุดดินได้ โดยมีตัวต้นเป็นต้นแบบทำในกระบวนการขุด

Lee et al. [3] การขุดลอกดินกลายเป็นปัญหาอย่างมากสำหรับเครื่องจักรขนาดใหญ่โต ส่วนประกอบสำคัญของการขุดเจาะคือชิ้นส่วนที่ประกอบของเครื่องจักรมีบทบาทอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลไกแบบใหม่สามารถหมุนขยายและพับขาได้

Wang et al.[4] ได้ศึกษาการเจาะรูค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสกรูกับผนังหลุม เจาะยังมีผลกระทบต่อความสามารถในการถ่ายโอนแรงและขีดจำกัดในการขุดเจาะแต่สามารถลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบเหล่านี้ลดลงได้โดยการใช้เทคนิคการสั่นสะเทือนแบบบังคับ ด้วยแอมพลิฟายด์และความถี่ที่เหมาะสมมาช่วยเสริมให้ประสิทธิภาพในการเจาะดีขึ้นได้

Touze et al. [5] ได้ศึกษาและตรวจสอบความถูกต้องทางทฤษฎีของโมเดล โดยได้สำรวจแผ่นวงกลมที่สั่นสะเทือนแบบไม่เชิงเส้น โดยมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติที่ไม่สมมาตร โดยใช้เครื่องจักรทดลองที่ออกแบบให้สามารถวัดค่าระยะและเฟสของแต่ละรูปแบบการสั่นสะเทือนตามความถี่การขับเคลื่อนและเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่มีอยู่ โดยใช้โมเดลทางปริมาณเพื่อตรวจสอบปริมาณของการคาดเดา นอกจากนี้มีการวิเคราะห์โดยประมาณโดยใช้วิธีการของสเกลหลายขนาด สรุปได้ว่าแผ่นวงกลมสามารถแสดงการสั่นสะเทือนขนาดใหญ่ตามลำดับความหนาแน่นของแผ่น แต่โมเดลเชิงเส้นไม่สามารถคาดการณ์พฤติกรรมของแผ่นได้อย่างแม่นยำเนื่องจากปรากฏการณ์ที่ไม่สมมาตรและเร็วเกินไป เช่น การกระโดดและเสียงการสั่นสะเทือนภายใน

Anekar et al. [6] ได้ออกแบบตัวกำเนิดแรงสั่นสะเทือนซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแรงทางกล บทความนี้นำเสนอการออกแบบ การสร้าง ประสิทธิภาพและการทดลองของตัวสร้างแรงสั่นสะเทือนที่ให้น้ำหนักมวลไม่เท่ากัน เพื่อทำให้เกิดการสั่นสะเทือนในทิศทางเดียว ตัวกระตุ้นถูกออกแบบให้สร้างแรงในช่วง ฮาร์โมนิก หรือ ขึ้นอยู่กับเวลาและการกระจัดให้อยู่ในช่วงของความถี่อุปกรณ์นี้สร้างแรงสั่นสะเทือนด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของลูกเบี้ยว และปรากฏอยู่ในช่วงความถี่ต่ำโดยขึ้นส่วนสำคัญของ Exciter คือมวลที่ไม่สมดุลติดกับแผ่นดิสก์ของมอเตอร์ที่หมุนได้

Kumar et al. [7] กล่าวว่า การสั่นสะเทือนพบได้ทุกที่ในเครื่องจักรที่หมุน เนื่องจากความไม่สมดุล การวางแนวของอุปกรณ์ไม่พอดีและแบริ่งเกิดความเสียหาย การวิเคราะห์สั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่หมุนสามารถระบุปัญหาได้หลากหลาย โรเตอร์ที่ไม่สมดุลเสมอจะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมากขึ้นและสร้างแรงที่เกินไปในพื้นที่แบริ่งและทำให้อายุการใช้งานของเครื่องจักรลดลง ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาทดลองบนโรเตอร์เพื่อทำนายความไม่สมดุล ความเร็วสั่นสะเทือนถูกวัดที่ความแตกต่าง 5 ระดับด้วย Fast Fourier Transform ที่เงื่อนไขเริ่มต้น โดยวิเคราะห์สเปกตรัมใช้งานและเฟสเพื่อหาสาเหตุของการสั่นสะเทือนสูง โดยการสังเกตเส้นสเปกตรัมที่ไม่สมดุล จากนั้นโรเตอร์ปรับให้สมดุลและพบว่า การสั่นสะเทือนลดลง ความถี่สเปกตรัมทั้งที่สมดุลและไม่สมดุลเกิดขึ้นภายใต้แรงที่ไม่สมดุลและความเร็วต่างๆที่

Leung et al. [8] ได้ศึกษาการสั่นสะเทือนของท่อเจาะ (drillstring vibration) เป็นสาเหตุที่สำคัญของความผิดพลาดในกระบวนการเจาะและการสั่นสะเทือนแบบหมุนตามแกนเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก โดย Stick/slip เป็นประเภทการสั่นสะเทือนที่รุนแรงแบบหมุนตามแกนที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการเจาะและทำให้เกิดความเสียหายกับใบเจาะและความผิดพลาดของท่อเจาะ ในระบบเจาะแนวตั้งอัตโนมัติ (VDS) แรงเสียดทานระหว่างแผ่นรองและผนังหลุมเจาะจะลดความเร็วหมุนทันทีของใบเจาะ กลยุทธ์การทำงานของ (VDS) จะกวดต่อผนังหลุมเจาะอย่างต่อเนื่อง โดยทำให้เกิดแรงดึงดูดสะสมแบบไม่เชิงเส้นในรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงตามวงจร ซึ่งนำไปสู่การเคลื่อนที่ที่แปรปรวนและไม่เป็นระเบียบของเครื่องมือเจาะด้านล่าง การสั่นสะเทือนแบบ Stick/slip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการสั่นสะเทือนแบบหมุนตามแกนที่มีความแปรปรวน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ยังสามารถนำไปใช้กับระบบบังคับทิศทางแบบโรตารีประเภทเดียวกันได้อีกด้วย

Guzek et al. [9] ได้ศึกษาการสั่นสะเทือนแนวตั้งในกระบวนการเจาะ (chatter) สามารถลดลงได้โดยการหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับโคลนแห่งขณะทำการขุดเจาะ (mud rheology) ผลการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าโคลนที่มีความหนืดเฉือน non-Newtonian shear-thinning muds มีประโยชน์สำหรับกระบวนการเจาะ ในการศึกษาที่ผลสำรวจของลักษณะของโคลนที่มีการหนืดเฉือน non-Newtonian shear-thinning muds ต่อการสั่นสะเทือนของใบเจาะแนวตั้งโดยใช้แบบจำลอง rheology ที่ non-Newtonian 2 แบบที่แตกต่างกันคือ Herschel-Bulkley และ Casson ในการจำลองการสั่นสะเทือน สมมติว่าความแข็งของหินมากกว่าความแข็งของท่อเจาะจะเกิดแรงผลักดันของการสั่นสะเทือนคือ periodic drill bit bouncing ที่เกิดจากผลกระทบของความขรุขระที่ด้านล่างของหลุมเจาะเพื่อลดการสั่นสะเทือนที่มีประสิทธิภาพ การใช้โคลน non-Newtonian ไม่สามารถลดการสั่นสะเทือนได้อย่างมีนัยสำคัญ

Gabdrakhimov and Zaripova. [10] ได้ศึกษาวิธีการเพิ่มกำลังการผลิตของเครื่องเจาะโดยใช้วิธีไดนามิก มีการใช้กลไกการสั่นสะเทือนต่างๆเป็นตัวกระตุ้นการสั่นสะเทือน กลไกการสั่นสะเทือนตามประเภทของการขับเคลื่อนถูกแบ่งออกเป็นเครื่องกลสั่นสะเทือน (mechanical), อิเล็กทรอนิกส์สั่นสะเทือน (electromechanical) และแมกนีโตสตริก (magnetostrictive) ทั้งหมดเหล่านี้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อกระตุ้นการสั่นสะเทือนบังคับจากการศึกษาการถ่ายโอนโพลไดนามิกไปยังท่อเจาะในกรณีนี้ประสิทธิภาพของการสั่นสะเทือนด้านล่างจะถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์เครื่องมือการเจาะการสั่นสะเทือนของท่อเจาะ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าโพลการสั่นสะเทือนด้านล่างสามารถถูกถ่ายโอนได้อย่างมีประสิทธิภาพจากปากท่อไปยังระยะสูงสุด 100 m

Verstov et al. [11] ได้ศึกษาผลลัพธ์ทั่วไปจากการวิเคราะห์ทฤษฎีและการทดลอง รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีสั่นสะเทือนมาใช้ในการเจาะหลุมเจาะ การประยุกต์ใช้การสั่นสะเทือนหรือการสั่นสะเทือนกระทบต่อท่อที่ถูกนำออกจากดินช่วยลดแรงเสียดทานแบบสถิตที่สำคัญ หลีกเลี่ยงการใช้อุปกรณ์ที่ใช้แรงยกสูง (เช่นรถเครนหรือไฮดรอลิกแจ็ค) เพื่อลดความเสียหายของท่อในกระบวนการและช่วยลดต้นทุนในการผลิต การปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงาน สามารถปรับปรุงได้อย่างมีนัยสำคัญโดยใช้การสั่นสะเทือนในการทำงานอย่างที่ใช้ในกระบวนการเจาะหลุมเจาะสำหรับวัตถุประสงค์การสร้างต่างๆ

Arun et al. [12] กล่าวว่า การตรวจการสั่นสะเทือนเป็นหนึ่งวิธีพื้นฐานของการสังเกตเครื่องจักรที่มีการหมุน การเอียงของเพลลาและการไม่สมดุลของโรเตอร์เป็นที่มาที่สำคัญของการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่หมุนได้ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้การสร้างแบบจำลองที่ใช้วิธี residual generation การสั่นสะเทือนตกค้างที่เกิดขึ้นจากที่ทดลองเกิดจากระบบรองรับโรเตอร์ที่เอียงและไม่สมดุลจากนั้นจึงสามารถคำนวณแรงตกค้างได้ ซึ่งแรงตกค้างถูกนำไปเทียบกับแรงสมดุลทางทฤษฎีเพื่อหาความผิดพลาด พบว่าเงื่อนไขและตำแหน่งที่เสียหายหาได้จากวิธีที่ใช้แบบจำลองนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sandoval-Rodriguez et al. [13] ได้ศึกษาการแปลงเซปสตรัม (cepstrum) และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเพื่อแยกความแตกต่างของแอมพลิจูดในการสั่นสะเทือนเชิงกลที่เกิดจากความไม่สมดุลและการเยื้องศูนย์ในเครื่องจักรที่กำลังหมุนเกิดจากความไม่สมดุลและความไม่พอดีกันของชิ้นส่วนโดยเทียบกับกลุ่มอ้างอิง จากการทดลองด้วยกระบวนการทั้ง 3 ขั้นตอน เริ่มต้นด้วยการปรับระดับเพื่อสร้างกลุ่มควบคุม การไม่สมดุลนั้นดำเนินการด้วยข้อมูลของมวลซึ่งอยู่ในระยะทางรัศมีสองระยะของพูลส์ตัวที่หนึ่งและตัวที่สอง การวางแนวไม่ตรงกันเกิดจากการเลื่อนตัวรองรับไปด้านหลัง 0.5, 1.0 และ 1.5° ในขั้นตอนที่สอง อัลกอริทึม Matlab ถูกสร้างขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ทั้งเซปสตรัม (cepstrum) และองค์ประกอบหลักในขั้นตอนสุดท้ายวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับเพื่อระบุความแตกต่างที่มีในบันทึกที่วิเคราะห์การใช้ Matlab เพื่อค้นหาความแตกต่างที่ความถี่ 30 Hz ผลลัพธ์ที่ได้ช่วยให้สามารถระบุได้ว่าเป็นไปได้ในการค้นหาความแตกต่างด้วยวิธีการที่เสนอข้างต้น

## บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างระบบการสั่นสะเทือนของเครื่องเจาะดิน วิธีการทดลองเจาะดินเพื่อศึกษาแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

### 3.1 การออกแบบและสร้างระบบสั่นสะเทือน

#### 3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. กล่องควบคุม ขนาด 18 cm x 29.8 cm x 12.5 cm จำนวน 1 กล่อง
2. แบตเตอรี่ ยี่ห้อ BIONTO รุ่น DC 8V-72V ขนาด 12 V 8 AH จำนวน 1 ก้อน
3. พัดลมระบายความร้อน ขนาด 3" จำนวน 1 ตัว
4. สายไฟขนาด 1 mm ยาว 100 cm จำนวน 1 เส้น
5. Programable Reversible PWM DC Motor Speed Controller 10-50V 100A 3000W รุ่น DCM036 จำนวน 1 ตัว
6. มอเตอร์ไฟฟ้า ยี่ห้อ RS775 ขนาด 12 V จำนวน 1 ตัว
7. ตลับลูกปืน ยี่ห้อ Midori รุ่น UCP202 ขนาด 12 mm จำนวน 2 ตัว
8. เหล็กเพลลาตัน ขนาด 3/4" ยาว 27 cm จำนวน 1 เส้น
9. เหล็กเพลลาตันขนาด 1" ยาว 4 cm จำนวน 4 ชิ้น
10. เหล็กเพลลาตัน หน้า 1.7 cm เส้นผ่าศูนย์กลาง 12.3 cm จำนวน 1 อัน
11. นอต ขนาด M10 x 1.5 จำนวน 6 ชุด
12. นอต ขนาด M6 x 1.5 จำนวน 4 ชุด
13. Rotary Encoder ยี่ห้อ BRITER รุ่น BRT50-V10M-RT1 พิกัด 0-100 cm output voltage 0-10 V จำนวน 1 ตัว (รูปที่ 3.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



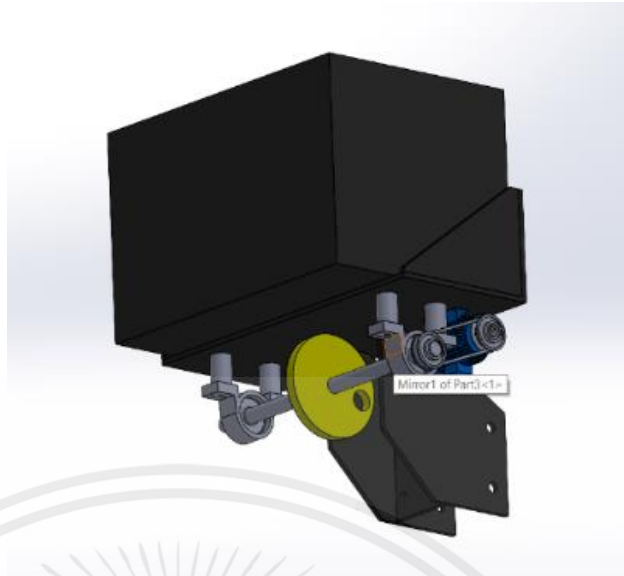
รูปที่ 3.1 Rotary Encoder

14. โซ่รอลิ้น รุ่น WAVE110i จำนวน 26 ซ้อย
15. นอต M4 x 1.5 จำนวน 2 ชุด
16. รอกสลิง U.DIY รุ่น 540 kg ขนาดยาว 6.5 m ทน 4 mm จำนวน 1 ชุด
17. ขาจับมอเตอร์ ขนาด 7 x 5 cm<sup>2</sup> จำนวน 1 ชิ้น
18. เหล็กฉาก ขนาด 76 x 4 x 2.8 cm<sup>2</sup> จำนวน 1 อัน
19. เฟืองโซ่แบบมีดุม เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.91 mm 10 ฟัน
20. เฟืองโซ่แบบมีดุม เส้นผ่าศูนย์กลาง 15.01 mm 24 ฟัน
21. ทอร์คเซนเซอร์ รุ่น DYN-200
22. ชุดถ่วง Rotary Encoder
23. ดอกสว่าน 5, 6, 8, 10, 11, 12, 15 และ 25
24. สว่าน ยี่ห้อ Makita รุ่น 6412
25. เครื่องมิลลิ่ง ยี่ห้อ PaoFonG รุ่น PF-5S
26. ดอกมิลลิ่ง 10 mm
27. เครื่องกลึง ยี่ห้อ KINWA รุ่น CHO-660x2300
28. เครื่องเชื่อม ยี่ห้อ LONGWELL รุ่น MMA 215 HDPE (Digital)
29. ลวดเชื่อม KOBE รุ่น KB-RB26 ขนาด 2.6 mm
30. สีสเปรย์ ยี่ห้อ FOX, BOSNY

### 3.1.2 การพัฒนาเครื่องทดลอง

1. ออกแบบงานเหยิงในโปรแกรม SOLIDWORKS 2020 ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แบบงานเหรียญออกแบบด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS 2020

2. ทำการกลึงปาดหน้างานเหรียญจากความหนา 1.7 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.3 cm ให้เหลือความหนา 1.6 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.3 cm และทำการเจาะรูกึ่งกลาง ขนาด 1.5 cm ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กลึงปาดหน้างานเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเจาะรู 3 รู ขนาด 25 mm เพื่อให้งานเหวี่ยงเกิดการเสียดล ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เจาะรูงานเหวี่ยง

4. ทำการมิลลิ่งหน้างานเหวี่ยง ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 มิลลิ่งหน้างานเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กลึงแกนเพลาดัน 3/4" ให้ได้เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 mm ยาว 249 mm ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 กลึงแกนเพลา

6. นำแกนเพลาในข้อ 5 และจานเหวี่ยงมาเชื่อมต่อกัน ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แกนเพลาและจานเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำเหล็กเพลาดันขนาด 1" มาทำบุชสเปเซอร์ยาว 40 mm เส้นผ่าศูนย์กลาง 23 mm และรูใน 10 mm จำนวน 4 ตัว ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บุษสเปเซอร์

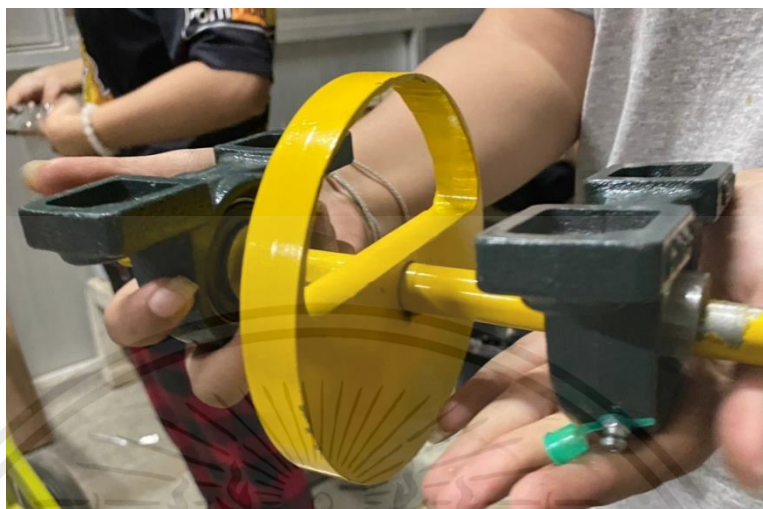
8. เจาะรูขนาด 10 mm ที่ฐานรอบรับโหลด ที่ระยะ 10 x 20 mm<sup>2</sup> จากขอบทั้ง 4 ด้าน ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 เจาะรู

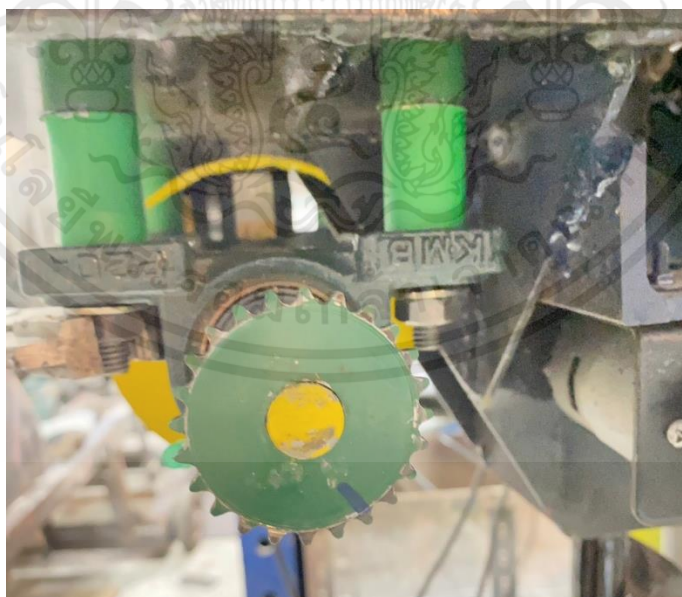
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ประกอบงานเหรียญเข้ากับตลับลูกปืนขนาด 12 mm และนำมาประกอบฐานรองรับโหลด  
ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ประกอบงานเหรียญเข้ากับตลับลูกปืน และประกอบฐานรองรับโหลด

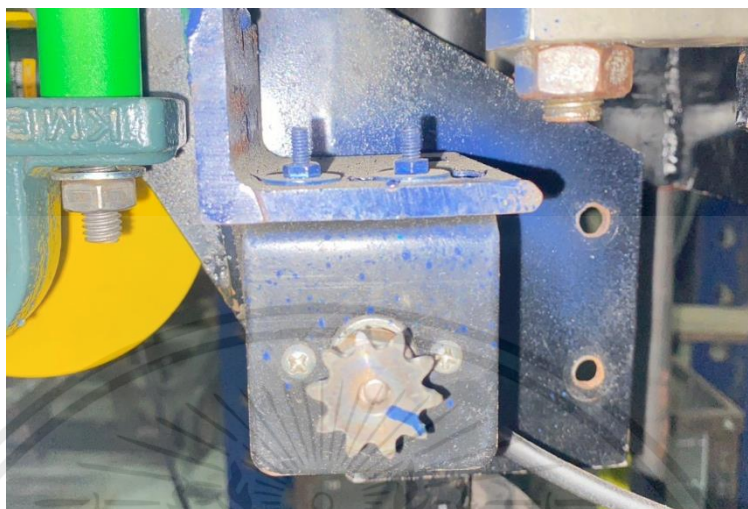
10. นำเฟืองโซ่แบบมีดุม ขนาด รูใน 1.5 cm จำนวน 24 ฟัน นำมาใส่ในแกนเพลลาในข้อที่ 6  
ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 เฟืองโซ่แบบมีดุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. นำเฟืองโซ่แบบมีดุมขนาด รูใน 0.6 cm จำนวน 10 ฟัน มาติดกับมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 12 V ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 เฟืองโซ่แบบมีดุมติดกับมอเตอร์

12. ทำการเดินระบบชุดควบคุมและติดตั้ง speed control แบทเตอรี่ พัดลม ภายในกล่องควบคุมและต่อ เข้ากับเครื่องทดสอบ ดังรูปที่ 3. 12



รูปที่ 3.12 ระบบชุดควบคุมและติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ติดตั้งรอกสลิงให้ยึดติดกับตัวเครื่อง ดังรูปที่ 3.13



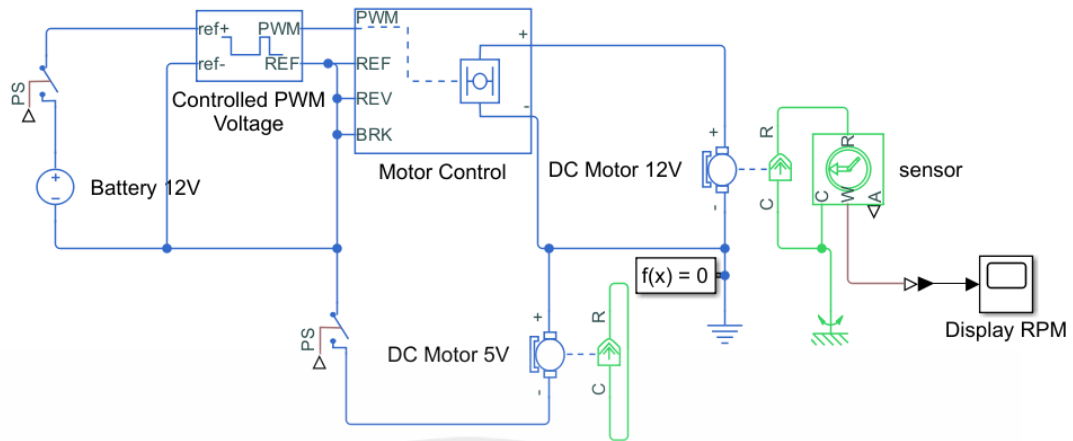
รูปที่ 3.13 ติดตั้งรอกสลิง กับตัวเครื่อง

14. ติดตั้งชุด Rotary Encoder ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ติดตั้ง Rotary Encoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 รูปวงจร

กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เข้าสู่สวิตช์เปิด-ปิดมอเตอร์ และเข้าสู่สวิตช์ เปิด-ปิดพัลลวมระบายความร้อน สายไฟบวก-ลบเข้าสู่กล่องควบคุมมอเตอร์และส่งกระแสไฟไปยังมอเตอร์ DC12V นำสายไฟ บวก-ลบ ต่อเข้ากับเซ็นเซอร์วัดรอบเพื่อไปแสดงผลที่จอแสดงผล

### 3.2 การทดสอบภาคสนาม

#### 3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ชุดทดลอง
2. ใบเจาะ CVWS
3. ใบเจาะ BBWS
4. ใบเจาะ TBWS
5. คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ MSI รุ่น GP65 Leopard
6. คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ ASUS รุ่น
7. คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ ACER รุ่น NITRO 5 AN515-57-7083
8. Power supply
9. NI-USB 6210
10. LabVIEW 2015
11. GRAPHTEC PetitLOGGER GL100
12. GRAPHTEC GS-3AT
13. โทรศัพท์มือถือ iPhone 11
14. โทรศัพท์มือถือ iPhone 13
15. น้ำมันเบนซิน 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. น้ำมัน 2T
17. เชือกฟาง
18. แบตเตอรี่ FOCUS รุ่น NS40L
19. Core Sampler
20. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล รุ่น SF-400C
21. จอบ
22. ค้อนปอนด์
23. สपाตุลา
24. ถุงพลาสติก
25. หนึ่งยาง
26. ปากกาเมจิก
27. เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ testo รุ่น 470
28. ตลับเมตร
29. ไม้ฉากวัดมุม
30. น้ำหนักถ่วง 1.25, 2.5, 5 kg อย่างละ 2 ชิ้น
31. ตู้อบ
32. กระดาษฟอย
33. ถ้วยอบ

### 3.2.2 วิธีดำเนินการ

1. ระบุพิกัด GPS ของพื้นที่ทดลอง



รูปที่ 3.16 พิกัด GPS ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เก็บตัวอย่างดินด้วย Core Sampler ที่ระดับความลึก 0, 15 และ 30 cm



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 3.17 เก็บตัวอย่างดิน

3. ชั่งน้ำหนักดินและใส่ถุงมัดให้แน่น



รูปที่ 3.18 รูปชั่งน้ำหนักของดินใส่ถุง

4. นำดินไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 hr
5. นำดินในข้อ 4 มาชั่งน้ำหนักเพื่อหาความชื้นเริ่มต้น
6. ทำการสุ่มการทดลองได้ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ลำดับการทดลอง

แปลง A พิกัดทดลอง GPS 10°43'52"N 99°21'49"E				
ความเร็วรอบ ( rpm )	ใบ	น้ำหนัก ( kg )		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
0	CVWS	10	0	20
	TBWS	0	10	20
	BBWS	10	20	0
300	TBWS	0	10	20
	BBWS	0	20	10
	CVWS	0	10	20
600	BBWS	0	10	20
	CVWS	20	10	0
	TBWS	10	20	0
แปลง B พิกัดทดลอง GPS 10°43'38"N 99°22'12"E				
300	CVWS	20	10	0
	BBWS	0	20	10
	TBWS	0	20	10
600	TBWS	0	20	10
	CVWS	10	20	0
	BBWS	0	10	20
0	CVWS	20	10	0
	TBWS	0	20	10
	BBWS	10	0	20

7. ต่อแบตเตอรี่เข้ากับ Power supply และนำสายสัญญาณจากโพลดเซลล์ Rotary Encoder และ Torque Sensor ต่อเข้ากับ NI-USB 6210 และต่อสาย USB เข้ากับคอมพิวเตอร์และเปิดโปรแกรม LabVIEW 2015

8. ปรับความเร็วรอบติดตั้งใบเจาะเข้ากับชุดทดลองและใส่น้ำหนักถ่วงเป็นไปตามตารางที่ 3.1

9. เปิดเครื่อง GRAPHTEC PetitLOGGER GL100 และตั้งค่าที่ 5 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. สตาร์ทเครื่องยนต์และให้ใบสกรูสัมผัสผิวดิน



รูปที่ 3.18 รูปแทนทดสอบ

11. เร่งเครื่องยนต์ให้มีความเร็วรอบคงที่ 300 rpm เจาะดินและกดบันทึกค่า



รูปที่ 3.19 รูประดับความลึกที่ใบสกรูลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ดึงใบสกรูขึ้นและทำการถ่ายรูปลักษณะความกว้างและความลึกของหลุมและลักษณะของหลุมที่เจาะได้



รูปที่ 3.19 ยกหัวเจาะขึ้น

13. ปรับการทดลองตามตารางที่ 3.1

14. วิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลและวิจารณ์ผล

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการผลทดลองจากบทที่ 3 ได้แก่ การหาความชื้นของดินในพื้นที่ทดลอง แรงบิดและแรงสั่นสะเทือนแบบความเร่งของใบสกรู

#### 4.1 ผลการหาความชื้นดิน

ก่อนทำการทดลองได้ทำการระบุพิกัดพื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่การทดลองบริเวณแปลงเกษตร หลังโรงประปาของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร (GPS 10°43'52"N 99°21'49"E) (เรียกว่า แปลง A) และ พื้นที่การทดลองบริเวณแปลงเกษตร ใกล้กับแปลงมะพร้าวบริเวณป้ายสถาบันใหม่ ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร (GPS 10°43'38"N 99°22'12"E) (เรียกว่า แปลง B) จากนั้นทำการสุ่มเก็บดินที่ระดับความลึก 0 15 และ 30 cm มาอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 hr พบว่า ดินในแปลง A เป็นดินทราย [1] มีค่าความชื้น 5.161272 %db และแปลง B เป็นดินทราย [1] มีค่าความชื้น 1.523949 %db

#### 4.2 อัตราเร่งของตัวสั่นสะเทือน

ก่อนทำการทดลองเจาะดินได้วัดค่าความเร่งของอุปกรณ์สร้างแรงสั่นสะเทือน และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ที่ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราเร่งของตัวสั่นสะเทือนที่มีผลต่อความเร่งของชุดทดลองที่น้ำหนักและใบสกรูแบบต่างๆ

Screw Type	Actuator (g)	Average acceleration (g) @Weight		
		25	35	45
CVWS	0	2.46±0.27	2.11±0.02	1.56±0.01
	0.58±0.18	N.A.	1.92±0.02	1.98±0.14
	2.07±0.07	3.62±0.06	1.60±0.01	1.06±0.06
TBWS	0	1.51±0.07	N.A.	1.79±0.01
	0.58±0.18	1.51±0.62	1.51±1.36	1.79±0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	2.07±0.07	1.51±0.17	N.A.	1.79±0.17
BBWS	0	1.52±0.00	N.A.	2.21±0.01
	0.58±0.18	1.62±0.03	N.A.	2.24±0.10
	2.07±0.07	1.48±0.08	1.99±0.16	2.52±0.14

จากตารางที่ 4.1 พบว่าไบสกรู CVWS (ไบสกรูแบบเรียบทั้งสองด้าน) ที่ไม่มีความเร่งของตัว สั่นสะเทือน เมื่อน้ำหนักของชุดทดลองมากขึ้น ค่าของความเร่งชุดทดลองจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ที่ ความเร่ง 0.58g มีข้อมูลเฉพาะ 35 และ 45 kg ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกันอยู่ที่ 1.92g และ 1.98g ตามลำดับ ในขณะที่ 25 kg ไม่สามารถหาค่าได้เพราะไฟล์ข้อมูลที่ได้เกิดการเสียหาย ส่วนที่ 2.07g พบว่าค่าความเร่งของชุดทดลองลดลงตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

ที่ไบสกรู TBWS (แบบมีลายไปโอมิเมติกส์ด้านบน) มีค่า g ที่น้ำหนักของชุดทดลอง 25 kg และ 45 kg เท่ากันทุกความเร่งของการสั่นสะเทือน เพราะไบสกรูสามารถคายดินได้เร็วหรือในบางจุด ที่ทำการทดลองดินอาจมีสภาพไม่เหมือนกัน ส่วนที่น้ำหนัก 35 kg ของค่า 0.58g มีค่าความเร่งเท่ากับ น้ำหนักที่ 25 kg

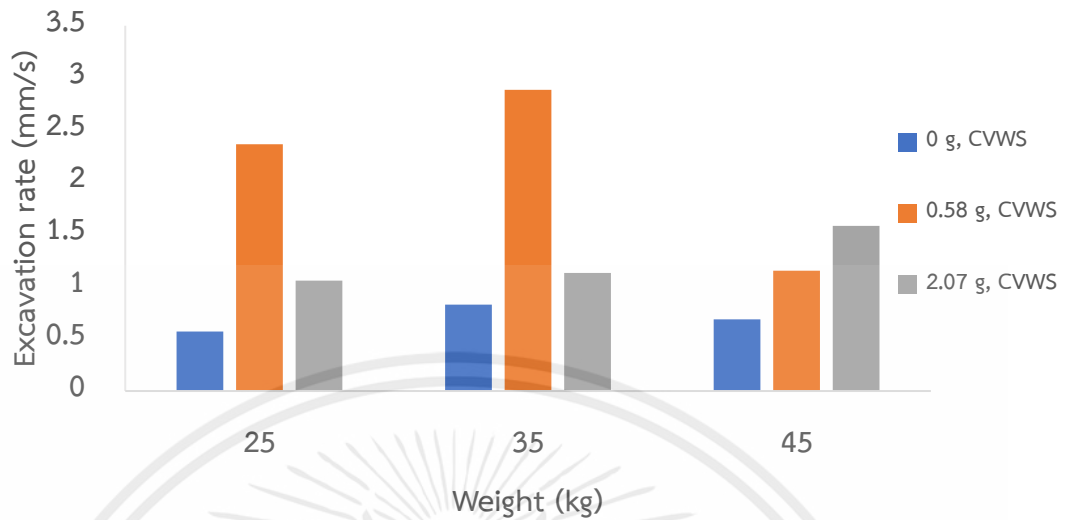
ในขณะที่ไบสกรู BBWS (แบบมีลายไปโอมิเมติกส์ด้านล่าง) ที่ทุกความเร่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ตามน้ำหนักของชุดทดลองที่เพิ่มขึ้น โดยที่ 0g และ 0.58g ค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน การที่ความเร่งเพิ่มขึ้น ตามน้ำหนักเป็นเพราะว่าไบสกรูนี้คายดินได้น้อยกว่าแบบอื่น

### 4.3 อัตราการเจาะดิน

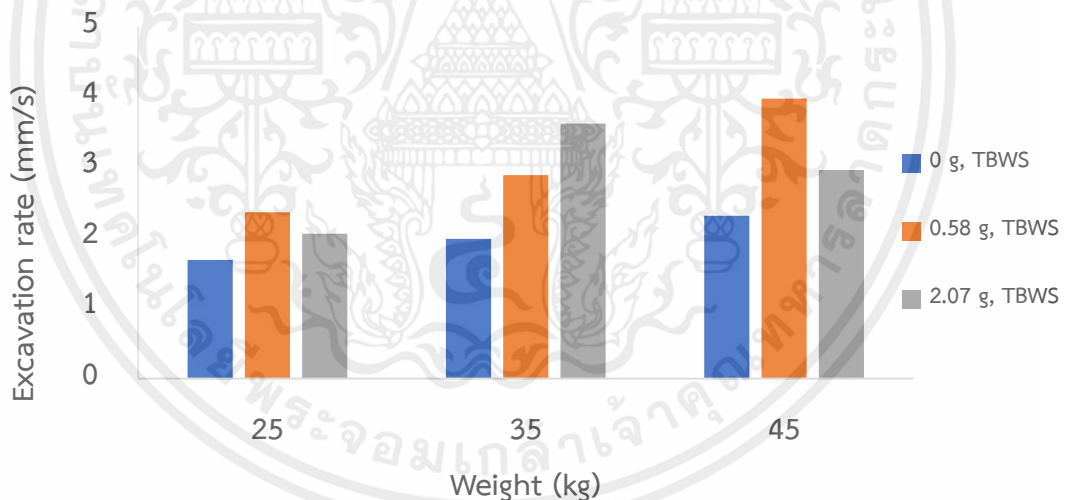
ในการทดลองได้วัดค่าความลึกของการเจาะดินเทียบกับเวลาที่ใช้เพื่อหาอัตราการเจาะดิน ของไบสกรูแต่ละชนิดเทียบกับน้ำหนักของชุดทดลองและตัวกระตุ้นการสั่นสะเทือนได้ผลดังรูปที่ 4.1-4.3

จากรูปที่ 4.1 เป็นค่าอัตราการเจาะดินด้วยไบสกรู CVWS เมื่อพิจารณาผลของน้ำหนักที่ ต่างกันพบว่าเมื่อไม่มีการกระตุ้นค่าอัตราการเจาะดินที่น้ำหนัก 35 kg มีค่ามากที่สุด 0.82 mm/s และน้อยสุดที่ 25 kg ด้วยค่าประมาณ 0.57 mm/s ในขณะที่มีการกระตุ้นด้วยความเร่ง 0.58g พบว่า การกระตุ้นค่าอัตราการเจาะดินที่น้ำหนัก 35 kg มีค่ามากที่สุด 2.89 mm/s และน้อยสุดที่ 25 kg ด้วยค่า 1.15 mm/s เพราะเวลาที่ใช้เจาะโดยมีน้ำหนัก 35 kg เร็วกว่าน้ำหนักอื่นๆ ที่น้ำหนักชุด ทดลอง 45 kg พบว่าเมื่อแรงกระตุ้นเพิ่มขึ้นจะทำให้เวลาในการเจาะลดลง

เมื่อพิจารณาเฉพาะน้ำหนักพบว่าที่น้ำหนักชุดทดลอง 25 kg และ 35 kg มีแนวโน้มของอัตรา การเจาะไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อไม่มีตัวกระตุ้นทำให้เวลาในการเจาะช้า แต่ถ้าความเร่งเป็น 2.07g เวลาที่ใช้อาจมากขึ้นหรืออาจเจาะไม่ลงเพราะดินอาจเกิดแรงต้านกับแรงสั่นสะเทือนที่ให้ไปที่ น้ำหนัก 45 kg เมื่อเพิ่มแรงกระตุ้นจะทำให้อัตราการเจาะดินมากขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 4.1 อัตราการเจาะดินของไบบักรู CVWS

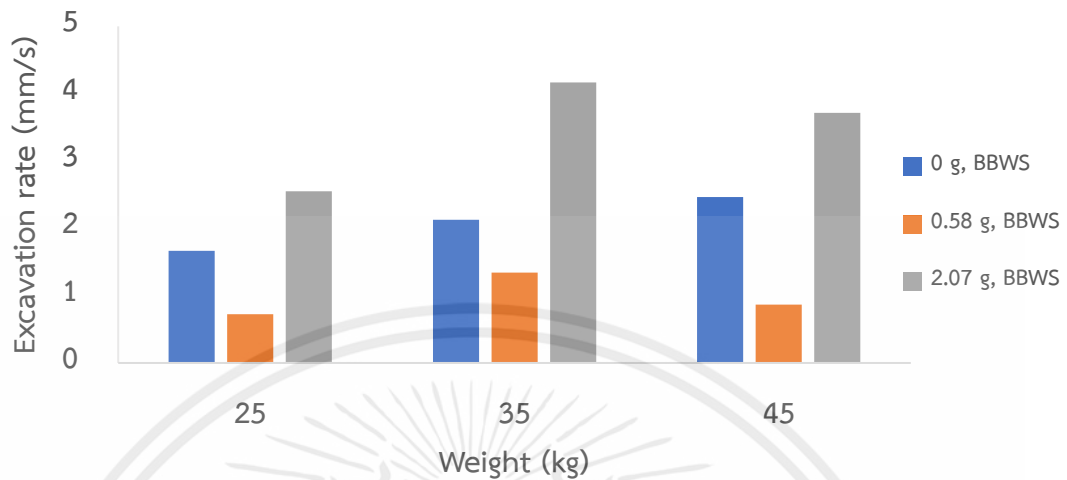


รูปที่ 4.2 อัตราการเจาะดินของไบบักรู TBWS

จากรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาน้ำหนักของชุดทดลองกับความเร่งของตัวกระตุ้นพบว่าที่ค่าความเร่ง 0g และ 0.58g มีแนวโน้มของอัตราการเจาะดินที่เพิ่มขึ้นตามน้ำหนัก แต่ค่าความเร่งของ 2.07g จะพิกที่น้ำหนัก 35 kg ส่วนที่ 25 kg และ 45 kg จะมีค่าน้อยกว่า 0.58g เนื่องจากความเร่งที่ 0g และ 0.58g ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนไม่เกินขีดจำกัดที่ทำให้ดินเกิดแรงต้าน แต่ที่ความเร่ง 2.07g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และด้วยน้ำหนักชุดทดลอง 25 kg และ 45 kg ทำให้อัตราการเจาะมีค่าน้อย อาจเป็นเพราะน้ำหนักของชุดทดลองไม่สมดุลกับความแรงของตัวกระตุ้น



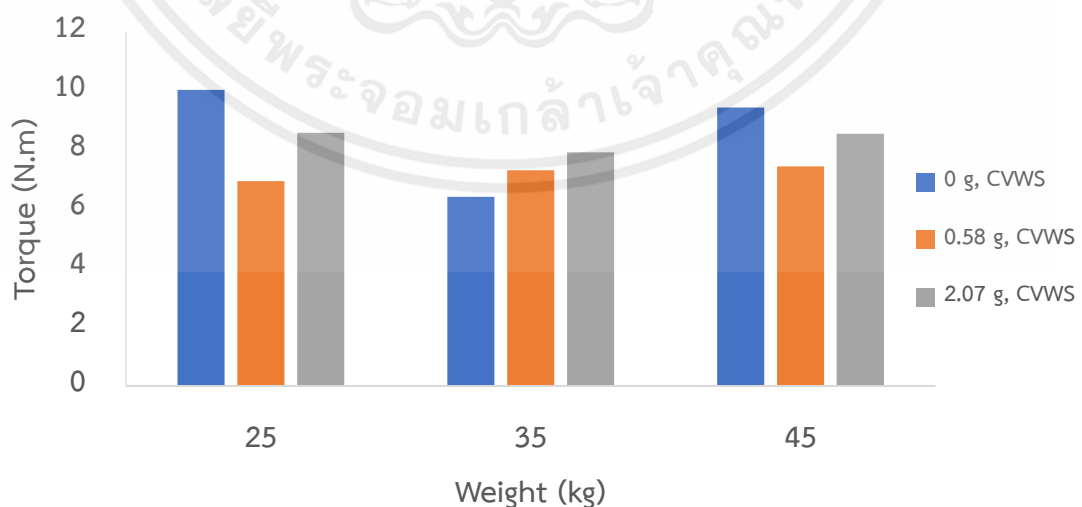
รูปที่ 4.3 อัตราการเจาะดินของไบสกรู BBWS

จากรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อไม่มีความแรงของตัวกระตุ้นอัตราการเจาะดินจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักของชุดทดลอง แต่ถ้ามีการเพิ่มแรงกระตุ้นน้ำหนักที่ 35 kg ส่งผลให้อัตราการเจาะดินสูงกว่าน้ำหนักอื่น และการใช้ความแรงที่สูงจะใช้เวลาในการเจาะเร็วขึ้น

#### 4.4 แรงบิดที่เกิดขึ้นจากไบสกรูแบบต่างๆ

ในการทดลองเจาะดินได้ทำการวัดแรงบิดที่เกิดขึ้นด้วย Torque sensor ได้ผลดังรูปที่

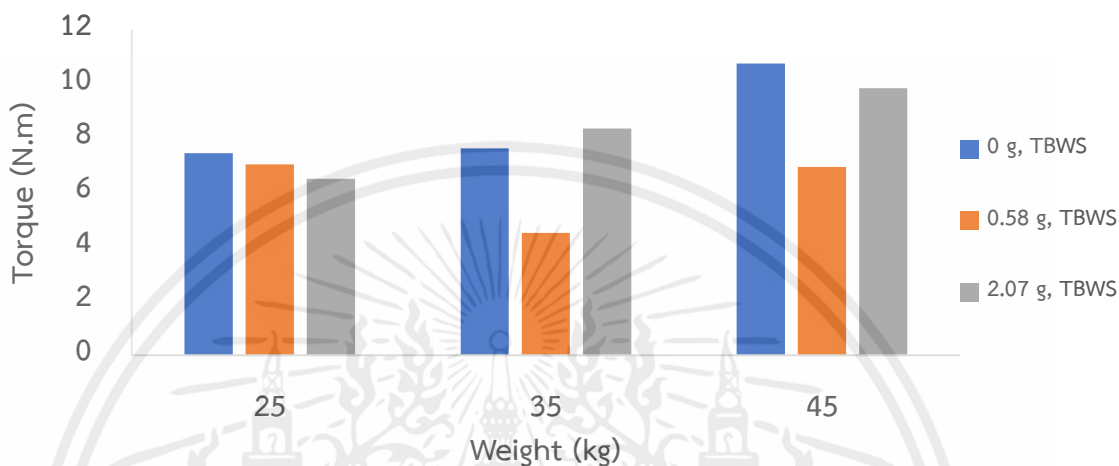
4.4 - 4.6



รูปที่ 4.4 แรงบิดที่เกิดขึ้นจากไบสกรู CVWS

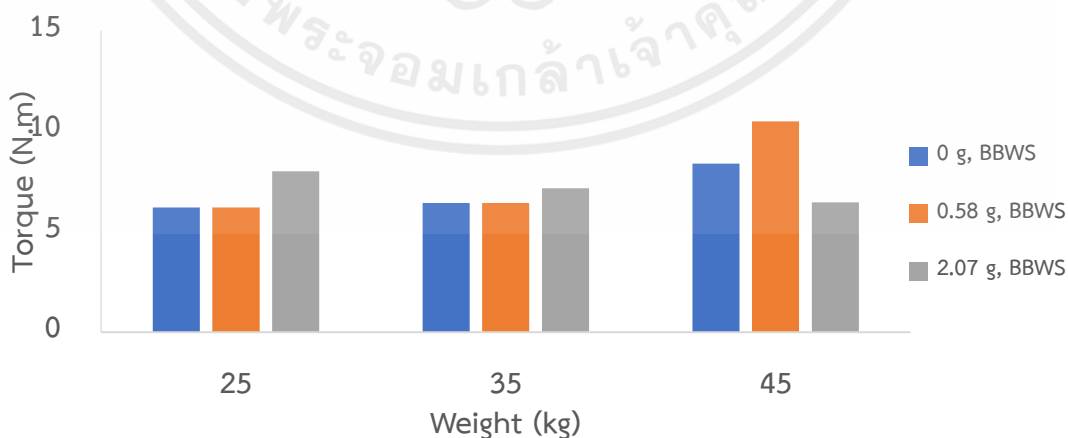
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 พบว่าแรงบิดที่เกิดขึ้นเมื่อไม่มีการกระตุ้นจะมีค่าสูงและเมื่อเทียบกับรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าที่ 0g ของไบสกรู CVWS จะแปรผกผันกับอัตราการเจาะดิน แต่ถ้าใส่ความเร่งที่ตัวกระตุ้น ค่าแรงของแต่ละน้ำหนักชุดทดลองจะแปรผันตามค่าความเร่งของตัวกระตุ้น โดยที่ค่าความเร่งตัวกระตุ้นน้อย ค่าแรงบิดที่ได้จะน้อยตามไปด้วย



รูปที่ 4.5 แรงบิดที่เกิดขึ้นจากไบสกรู TBWS

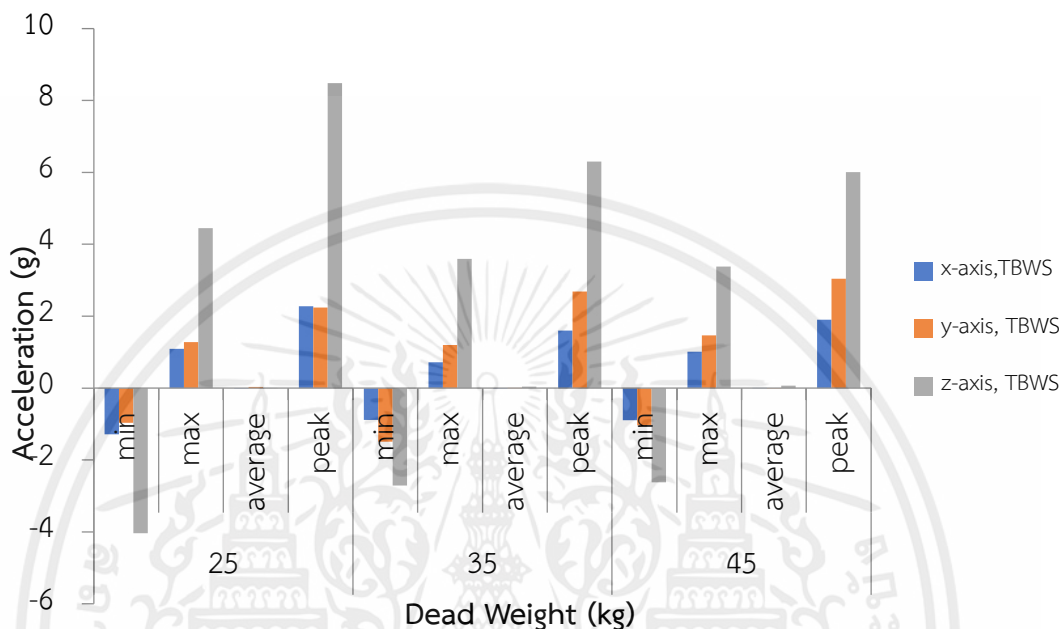
จากรูปที่ 4.5 แสดงค่าแรงบิดที่เกิดขึ้นจากไบสกรู TBWS พบว่าในกรณีที่ไม่มี ความเร่งของตัวกระตุ้นค่าทอร์กที่เกิดขึ้นแปรผกผันตามอัตราการเจาะดินเช่นเดียวกับกับไบสกรูแบบ CVWS ในขณะที่แรงบิดที่เกิดขึ้นเมื่อมีความเร่งจะแปรผันเช่นเดียวกับรูปที่ 4.4 ยกเว้นที่น้ำหนักชุดทดลองที่ 25 kg ความเร่ง 0.58g กลับมากกว่าที่ 2.07g อาจเป็นเพราะสภาพดินที่ไม่สม่ำเสมอทำให้ไบสกรูเอียง จึงส่งผลให้ข้อมูลชุดนี้มีทอร์กสูงกว่าค่าอื่น



รูปที่ 4.6 แรงบิดที่เกิดขึ้นจากไบสกรู BBWS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 ไบสกรูแบบ BBWS พบว่าทอร์กที่เกิดขึ้นเมื่อมีและไม่มีควมเร่งกระตุ้นที่น้ำหนัก 25 kg และ 35 kg มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ที่ 45 kg ความเร่งกระตุ้นที่ 0.58g มีค่ามากกว่าค่าอื่นเนื่องจากในช่วงการทดลองความเร็วรอบของเครื่องยนต์ตกกะทันหันค่าทอร์กที่บันทึกได้มันมีค่าสูงผิดปกติถึง 45.1 N.m



รูปที่ 4.7 ค่าความเร่งตามพิกัด xyz

จากรูปที่ 4.7 แสดงทิศทางความเร่งบนพิกัด xyz พบว่าความเร่งมากที่สุดพบที่แกน z เนื่องจากเป็นทิศทางตามแนวการเจาะของไบสกรูและเกิดการสั่นตามแกน y มากกว่าแกน x เป็นเพราะทิศทางการหมุนของไบสกรูที่หมุนตามเข็มนาฬิกาไม่ว่าจะทดลองด้วยไบสกรูแบบใด

#### 4.5 ลักษณะของหลุมที่เจาะได้จากไบสกรูต่างๆ

หลังจากเจาะหลุมทดลองแล้วได้ทำการวัดขนาดความกว้าง ความลึก และการกระจายตัวของดินได้ตัวอย่างรูปจากไบสกรูแบบต่างๆ ดังรูปที่ 4.8 – 4.10



รูปที่ 4.8 การกระจายตัวของดินของใบ CVWS



รูปที่ 4.9 การกระจายตัวของดินของใบ BBWS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การกระจายตัวของใบ TBWS

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงความกว้าง ความลึก และการกระจายตัวของดิน

ใบสกรู	น้ำหนักชุดทดลอง (kg)	ความเร่งตัวกระตุ้น (g)	ความกว้าง (cm)	ความลึก (cm)	การกระจายตัวของดิน (cm)
CVWS	25	0	10.33	21	36
	35	0.58	11	18.17	34.33
	45	2.07	10.67	18.83	34.67
BBWS	25	0	10	23.17	36
	35	0.58	11.5	21.33	34
	45	2.07	10.67	20.5	34
TBWS	25	0	10.5	21.33	34.33
	35	0.58	11.83	17.17	29.67
	45	2.07	11.67	16.67	32.67

จากรูปที่ 4.8 4.9 และ 4.10 เป็นลักษณะการกระจายตัวของดินที่เจาะด้วยใบสกรู CVWS BBWS และ TBWS พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยหลุมที่เจาะด้วยใบสกรูแบบ CVWS มีเส้นผ่านศูนย์กลางการกระจายตัวของดินได้ที่ 28 cm ใบสกรูแบบ BBWS มีเส้นผ่านศูนย์กลางการกระจายตัวของดินได้ที่ 31 cm ซึ่งมีขนาดของการกระจายดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับใบสกรูแบบ CVWS 11% และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบสกรูแบบ TBWS มีเส้นผ่านศูนย์กลางการกระจายตัวของดินได้ที่ 29 cm ซึ่งมีขนาดของการกระจายดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับไบสกรูแบบ CVWS 3.5%

ดังนั้น จากข้อมูลอัตราการเจาะ แรงบิดและความเร่งจากตัวกระตุ้น พบว่าในกรณีที่ไม่มีความเร่งกระตุ้นไบสกรูแบบ BBWS มีค่าทอร์กใกล้เคียงกันทุกน้ำหนักทดลอง แต่ถ้ามีความเร่งเข้ามาเกี่ยวข้องควรเลือกใช้ไบสกรูแบบ TBWS เนื่องจากใช้ทอร์กน้อยกว่าและได้อัตราการเจาะดินสูงด้วยความเร่งตัวกระตุ้นที่ 0.58g



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ได้ทำการพัฒนาชุดตัวกระตุ้นเพื่อเพิ่มแรงสั่นสะเทือนให้กับเครื่องเจาะดิน โดยออกแบบให้ตัวกระตุ้นหมุนรอบแกนแบบเสียดสมดุลโดยทำให้น้ำหนักของจานเหวี่ยงแต่ละด้านไม่เท่ากัน จากนั้นทำการหาความเร่งลัพท์จนได้ช่วงการทดลองคือ 0g 0.58g และ 2.07g ทำการทดลองเจาะดินแบบภาคสนามบนพื้นที่ตามพิกัด  $10^{\circ}43'52''N$   $99^{\circ}21'49''E$  และ  $10^{\circ}43'38''N$   $99^{\circ}22'12''E$  ด้วยใบสกรูแบบ CVWS BBWS และ TBWS โดยมีน้ำหนักชุดการทดลองคือ 25 35 และ 45 kg พบว่าแรงบิดที่เกิดขึ้นถ้าไม่มีความเร่งของตัวกระตุ้นใบสกรูแบบ BBWS มีค่าใกล้เคียงกันทุกน้ำหนักการทดลอง ในกรณีที่มีความเร่งของตัวกระตุ้นค่าทอร์กจะแปรผันตามความเร่งตัวกระตุ้น เมื่อเปรียบเทียบการเจาะดินของใบสกรูทั้ง 3 ใบ พบว่าควรเลือกใช้ใบสกรูแบบ TBWS เนื่องจากใช้ทอร์กน้อยกว่าและได้อัตราการเจาะดินสูงด้วยความเร่งตัวกระตุ้นที่ 0.58g และการกระจายตัวของดินที่ใช้ใบ CVWS, BBWS และ TBWS ที่เจาะได้ คือ 17.22 cm, 19.39 cm และ 19.44 cm และความลึกของใบ CVWS, BBWS และ TBWS ที่เจาะได้ 29.67 cm, 30.67 cm และ 24 cm

#### 5.2 ปัญหาที่พบ

- 5.2.1 ใบสกรูแบบ BBWS เกิดการเสียหายในระหว่างการทดลอง
- 5.2.2 ข้อต่อแข็งระหว่างแกนทอร์กเซนเซอร์กับใบสกรูเกิดการแตกหัก
- 5.2.3 ระบบสตาร์ทเครื่องยนต์เกิดการชำรุดเนื่องจากการใช้งาน
- 5.2.4 สายไฟของ Rotary Encoder ขาดระหว่างการทดลอง
- 5.2.5 Graphtec GS-3AT เสียหายระหว่างการทดลอง
- 5.2.6 ท่อไอเสียของเครื่องยนต์หลวมทำให้เครื่องไม่มีกำลัง
- 5.2.7 ตั้งค่าให้อัตราเก็บข้อมูลช้าทำให้ช่วงข้อมูลเก็บได้ไม่ละเอียดนำมาวิเคราะห์ยาก
- 5.2.8 ไฟล์ข้อมูลจาก Graphtec GL-100 เสียหายบางส่วน

#### 5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 ต้องตั้งค่า Graphtec GL-100 ทุกครั้งหลังนำข้อมูลออกจากเครื่องให้เก็บข้อมูลทุกๆ 5 ms
- 5.3.2 ควรปรับปรุงท่อไอเสียให้สูงขึ้นเนื่องจากไอเสียปล่อยเข้าหน้าผู้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนพล สุทธิศรีกุล, ธาณี สุขเสริม และมานิตา อุทุมรัตน์. (2564). "APPLICATION OF BIOMIMETIC TECHNIQUE FOR REDUCING ADHESIVE FORCE BETWEEN SOIL AND AUGER BLADE OF DRILLING MACHINE." ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร.
- [2] Lee, Junseok, Hyunjun Lim, Seungwon Song, and Hyun Myung. (2019). "Concept design for mole-like excavate robot and its localization method." In **2019 7th International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications (RiTA)**. : 56-60.
- [3] Lee, Junseok, Jongheon Kim, and Hyun Myung. (2019). "RITA 2018: Proceedings of the 6th International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications." **Springer**. : 341-350
- [4] Wang, Peng, Hongjian Ni, and Ruihe Wang. (2018). "A new drilling method Earthworm-like vibration drilling." **PloS one** 13.4 : e0194582.
- [5] Touzé, Cyril, Olivier Thomas, and Antoine Chaigne. (2002). "Asymmetric non-linear forced vibrations of free-edge circular plates. Part 1: Theory." **Journal of Sound and Vibration** 258.4: 649-676.
- [6] Anekar, Nitinkumar, et al. (2014). "Design and testing of unbalanced mass mechanical vibration exciter." **International Journal of Research in Engineering and Technology**. 3.8: 107-112.
- [7] Kumar, B. Kiran, G. Diwakar, and M. R. S. Satynarayana. (2012). "Determination of unbalance in rotating machine using vibration signature analysis." **International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)**. 2.5 : 3415-3421.
- [8] Henry Leung et al. (2019). "Modeling of torsional oscillation of drillstring dynamics." **Nonlinear Dynamics** 96 : 267-283.
- [9] Guzek, Agata, et al. (2015). "Influence of drilling mud rheology on the reduction of vertical vibrations in deep rotary drilling." **Journal of Petroleum Science and Engineering**. 135 : 375-383.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [10] Zaripova, L. M., and M. S. Gabdrakhimov. (2019). "Layout for drilling seismic wells by vibration method." **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. Vol. 350. No. 1. IOP Publishing,
- [11] Verstov, Vladimir, and Antonina Judina. (2015). "Improving technological processes for borehole drilling in construction using vibration impact." **Applied Mechanics and Materials**. Vol. 725. Trans Tech Publications Ltd,
- [12] Jalan, Arun Kr, and A. R. Mohanty. (2009). "Model based fault diagnosis of a rotor– bearing system for misalignment and unbalance under steady-state condition." **Journal of sound and vibration** 327.3-5: 604-622.
- [13] CL Sandoval-Rodriguez et al. (2020). "Characterization of the mechanical vibration signals associated with unbalance and misalignment in rotating machines, using the cepstrum transformation and the principal component analysis" **Materials Science and Engineering**. Vol. 844. No. 1. IOP Publishing.
- [14] ชนัตต์ รัตนสุมาวงศ์. (n.d.). ความสั่นสะเทือน. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2566. เข้าถึงได้จาก <http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~rchanat>
- [15] Oriental motor. (2543). การคำนวณเลือกมอเตอร์. เข้าถึงเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.orientalmotor.co.th/om/technical/generral/motor-sizing-.html>.
- [16] อรวรีย์ พันธุ์ประยูร. (n.d.). ความเร่ง. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.kroobannok.com>
- [17] toppr. (n.d.). สูตรพลังงานกล. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.toppr.com>



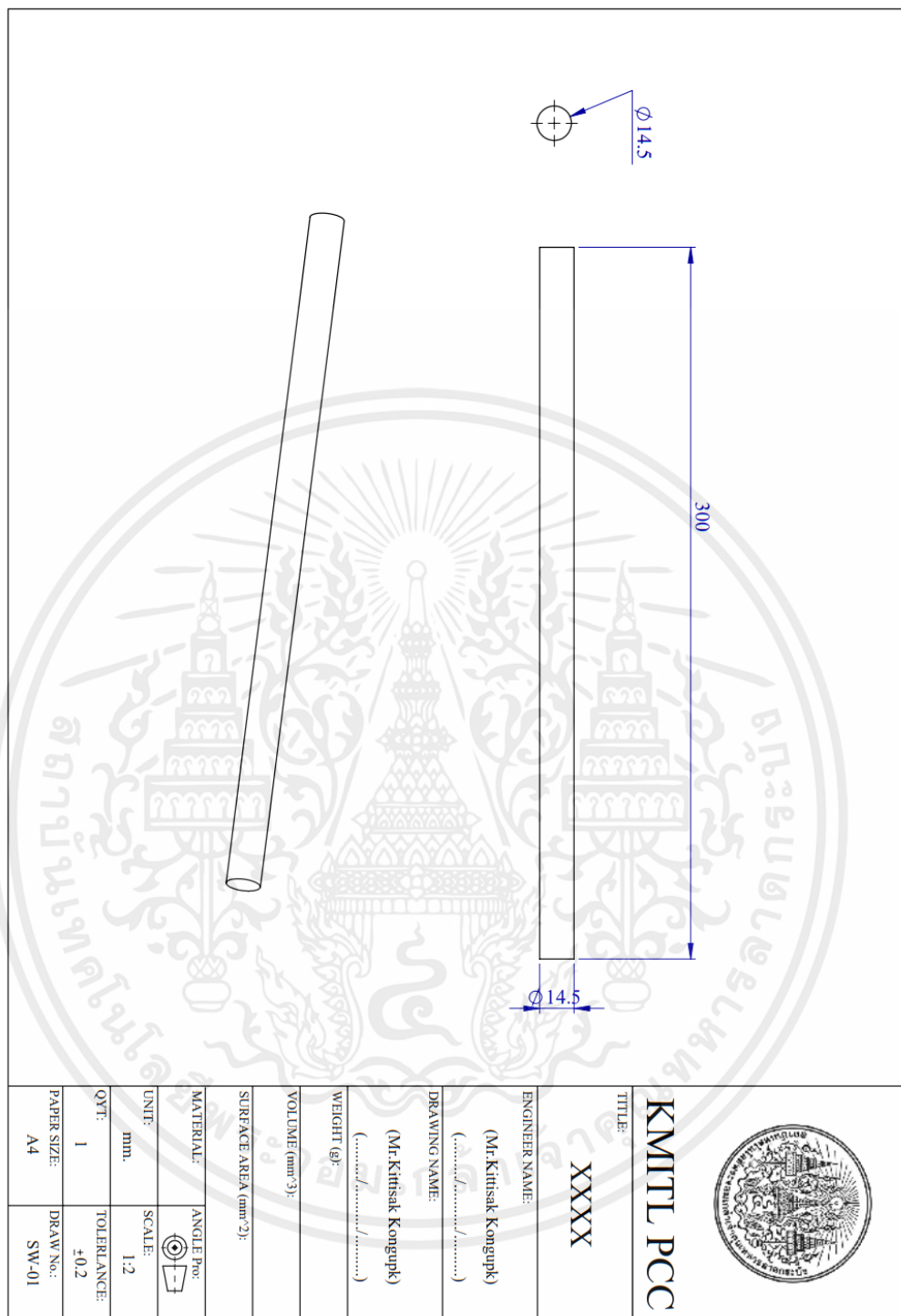
## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



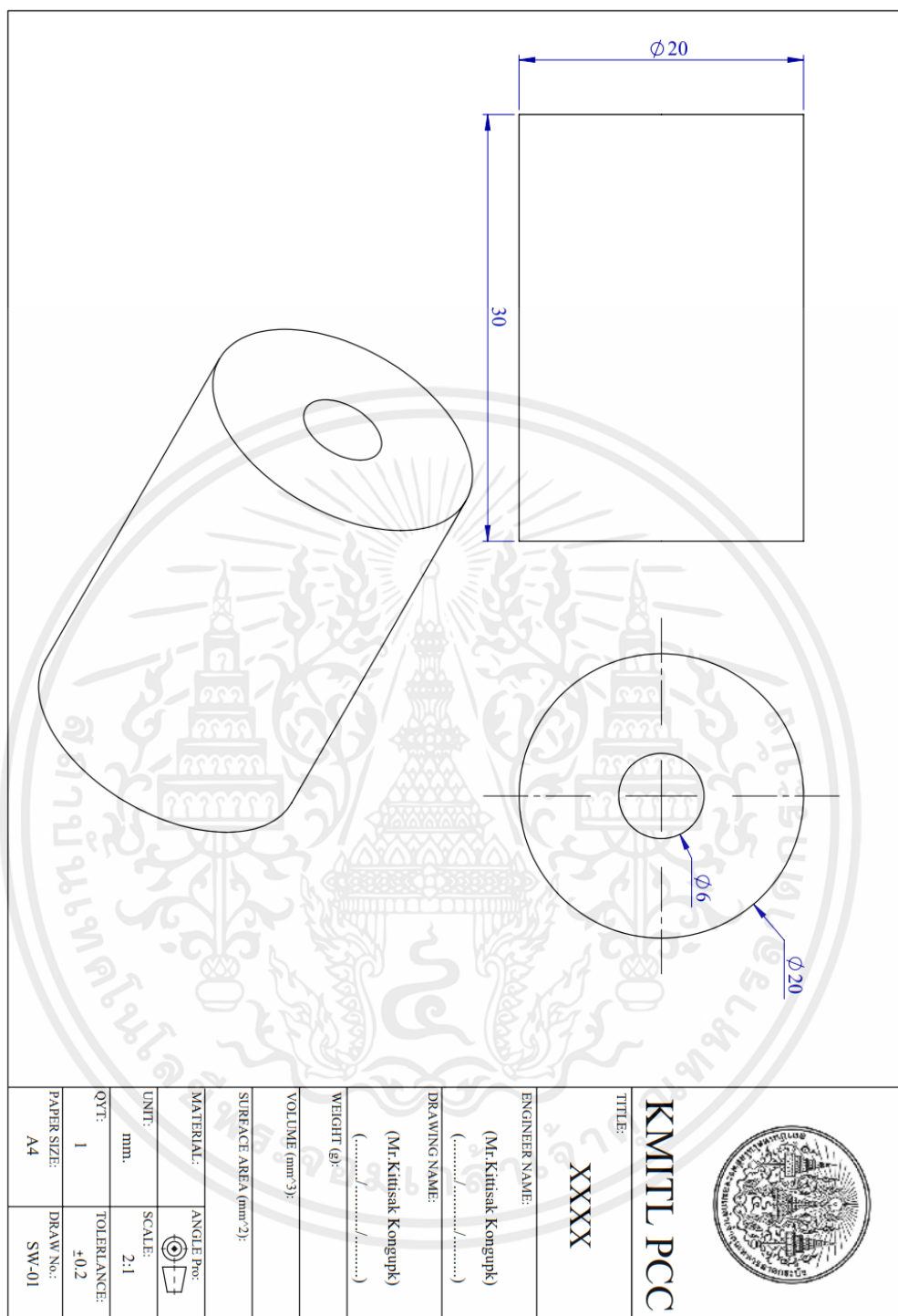
ภาคผนวก ก  
แบบอุปกรณ์และชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



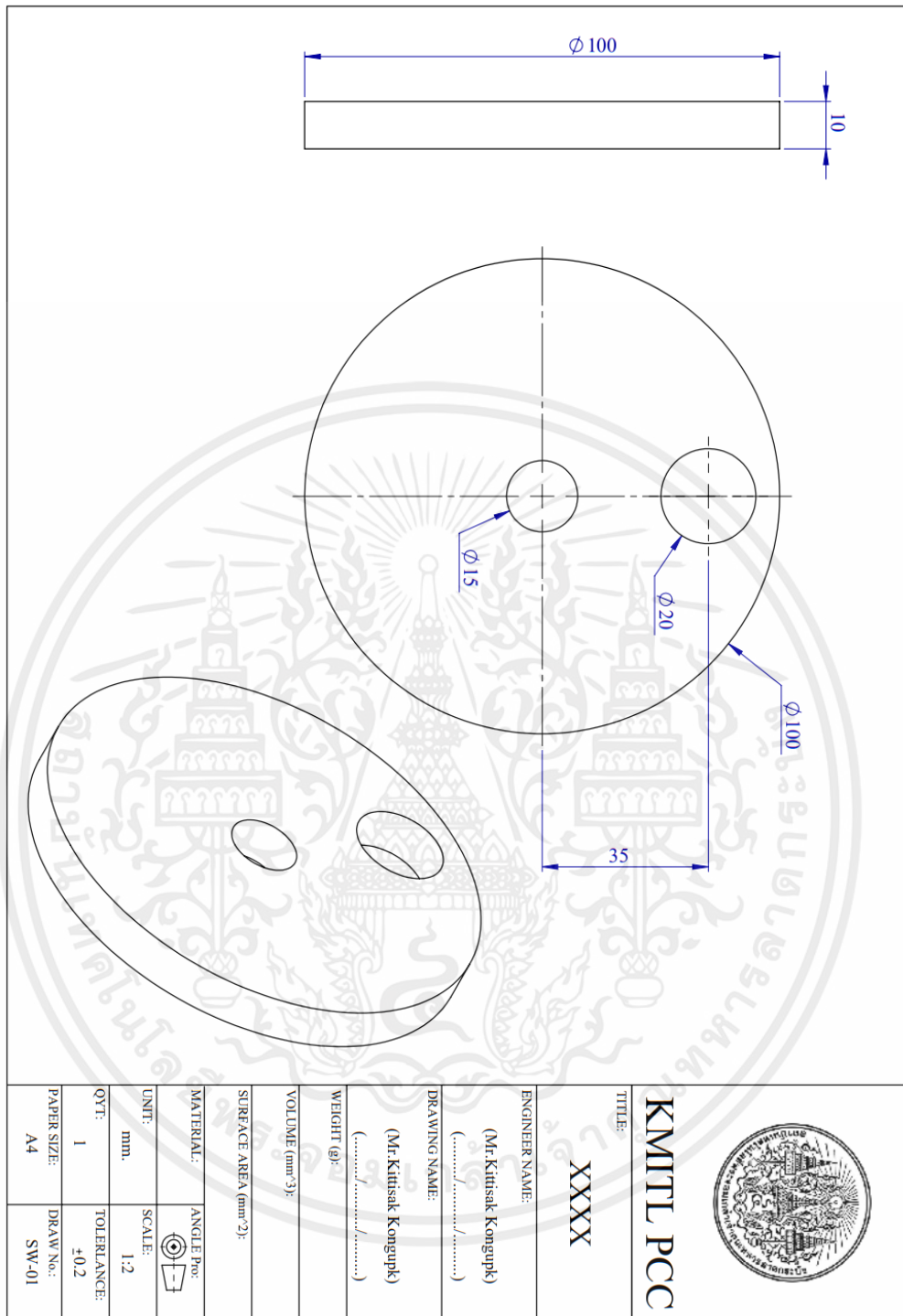
รูปที่ ก.1 แกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 บุษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ข้อเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model: DYN - 200	Range: 100 Nm
Voltage 24 VDC	Out: 0-10 V
Number: 60H95H	Date: 02.12.2022


  


  

 <b>KMITL PCC</b>	TITLE <b>Torque Sensor</b>			
	DESIGNER NAME	MATERIAL <b>Alloy</b>	Qty. <b>1</b>	
	EMPIRE NAME	SCALE <b>X:X</b>	UNIT <b>MM</b>	
		APPROVE. NO. <b>1ST</b>	DESIGN No. <b>BIO-16</b>	

รูปที่ ก.4 ทอร์คเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MODEL	GS-3AT			
Measurement Data	x   y   z Acceleration, Temperature			
Acceleration Measurement Degree of Accuracy	±2% of F.S. (including non-linearity)			
Noise	25mG RMS			
Acceleration	±2 G (20m/s <sup>2</sup> ), ±5 G (50m/s <sup>2</sup> ), ±10 G (10m/s <sup>2</sup> )			
Temperature Measurement Range	-10°C to 50°C (C-MOS Sensor)			
Temperature	-10 ≤ TS < 50: ± 1.0 °C			
Sampling Intervals	Memory Mode 5   10   20   50   100 ms Direct Mode 0.5   1   2   5   10   20   30 sec 1   2   5   10   20   30   60 min			
Operating Environment	-10° to 50°C, 80% RH and below (non-condensed)			
 KMITL PCC	TITLE: Graphtec GS-3AT			
	DRAWING NAME:	MATERIAL: Plastic	QTY : 1	30 A/each.
	MEMBER NAME:	SCALE: X:X	UNIT: MM	
		ANGLE PRO: 1ST	DRAWING: BIO-21	

รูปที่ ก.5 เซนเซอร์วัดความเร่ง

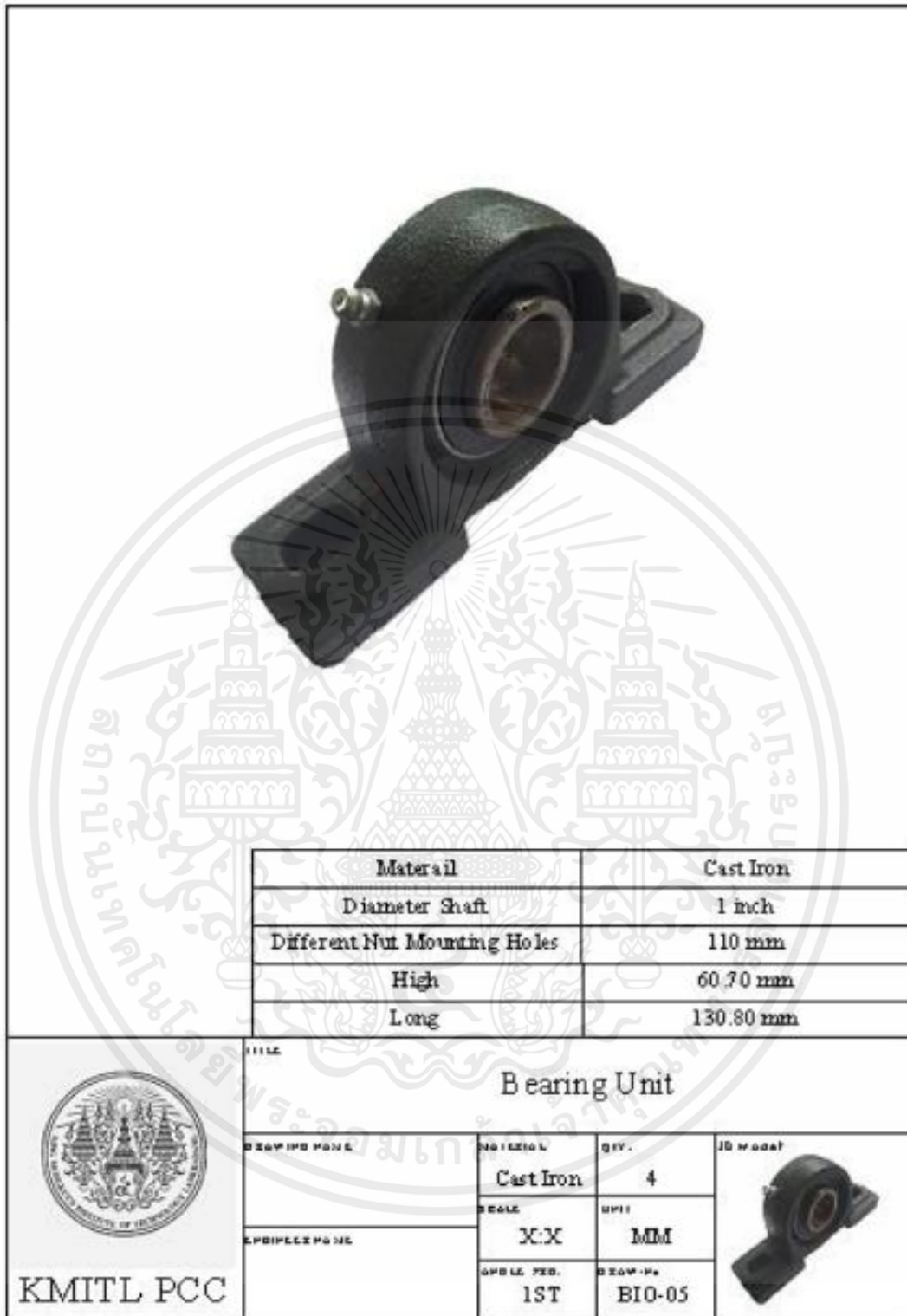
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Capacity	250kg			
Material	Alloy steel/stainless steel			
Rated Output(mV/V)	2.0±0.005 3.0±0.005			
Nonlinearity	±0.02% FS			
Hysteresis	±0.02% FS			
Repeatability	±0.01% FS			
 <b>KMITL PCC</b>	<b>TITLE</b> Load Cell Shear Beam			
	<b>EXAMINE PAGE</b>	<b>MATERIAL</b> Stainless	<b>QTY.</b> 1	<b>ID Model</b>
	<b>EXAMINE PAGE</b>	<b>SCALE</b> X:X	<b>UNIT</b> MM	
	<b>EXAMINE PAGE</b>	<b>APPLIC. REQ.</b> 1ST	<b>EXAM. No</b> BIO-09	

รูปที่ ก.6 โหลดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 ตลับลูกปืนตึกตา

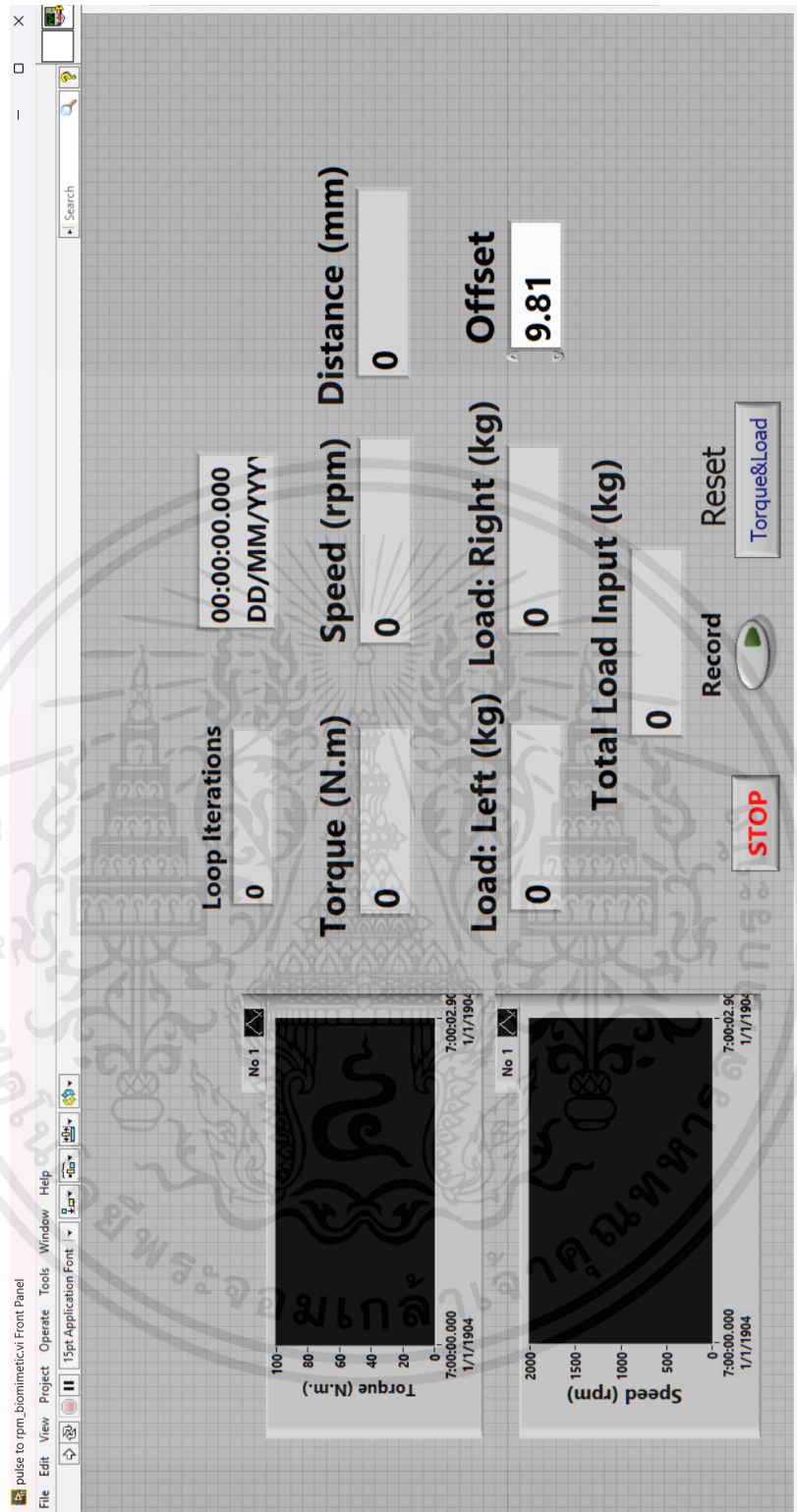
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

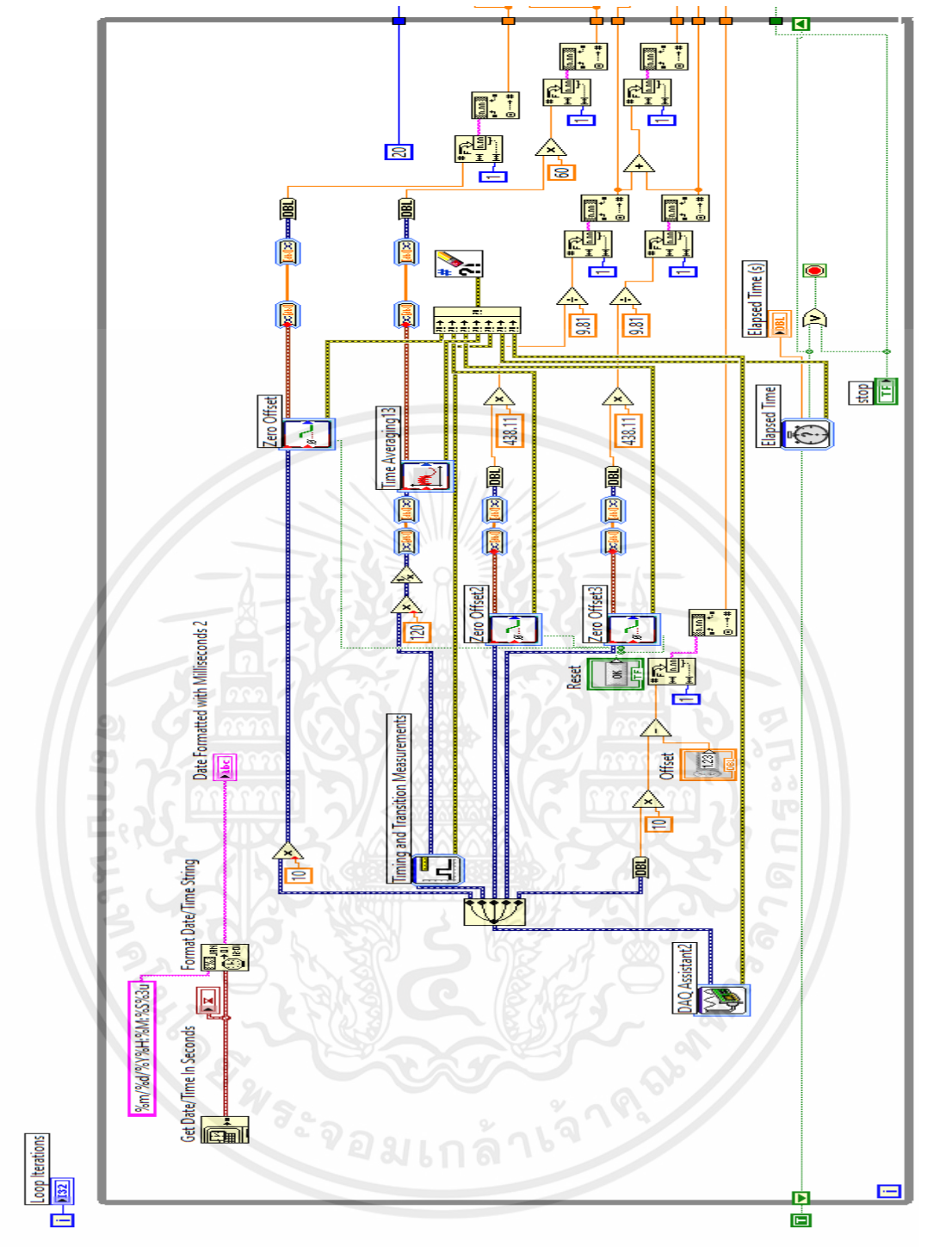
โปรแกรม LabVIEW 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



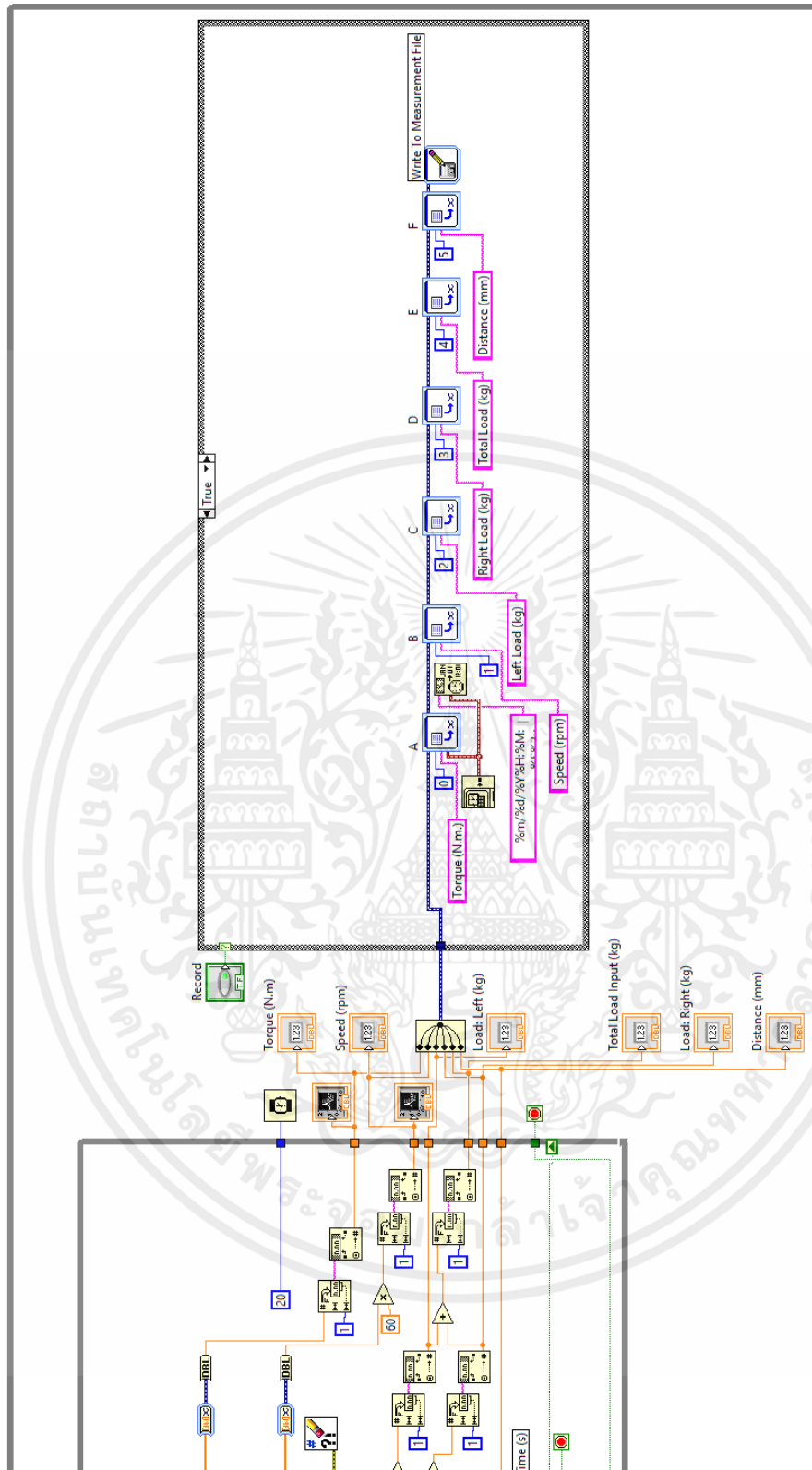
รูปที่ ข.1 หน้าโปรแกรม LabVIEW 2015 ที่ใช้เก็บผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 หน้า Block Diagram โปรแกรม LabVIEW 2015 ที่ใช้เก็บผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 หน้า Block Diagram โปรแกรม LabVIEW 2015 ที่ใช้เก็บผลการทดลอง (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ชนิดของใบและค่าทอร์กสูงสุด (N.m) จากสถานที่ A

ชนิดของใบ	acceleration (G)	Load	Torque (N.m)		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
CVWS	0.58	25	14.6	10.6	6.9
		35	18.5	21.8	18.7
		45	22.9	20.9	21.9
BBWS	0.58	25	16.3	17.7	15.5
		35	15.2	18.2	17.1
		45	18.4	16.2	18.4
TBWS	0.58	25	12.2	13.1	12.6
		35	12.8	13.2	13.1
		45	15.9	18.4	17.4

ตารางที่ ค.2 ชนิดของใบและค่าทอร์กสูงสุด (N.m) จากสถานที่ B

ชนิดของใบ	acceleration (G)	Load	Torque (N.m)		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
CVWS	0	25	9.5	14.7	13.1
		35	7.5	10.3	10.1
		45	14.5	14.3	12.5
	0.58	25	13.8	9.3	9.5
		35	16	8.7	10.6
		45	9.5	10.9	10.1
	2.07	25	21.6	11.8	11.9
		35	11.2	11.8	13.3
		45	15.9	14.8	7.3
BBWS	0	25	12.8	9.5	10.3
		35	8.8	8.5	10.4
		45	11	12.9	11.9
	0.58	25	12.8	9.5	10.3
		35	8.8	8.5	10.4
		45	12.9	10.7	45.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	2.07	25	13.4	11.7	10
		35	12.3	12	16.6
		45	N.A	N.A	9.9
TBWS	0	25	8.2	12.3	10.7
		35	12.6	10.3	10
		45	22.1	13	14.5
	0.58	25	9.4	8.8	9.9
		35	9	8.5	8.4
		45	8.8	11	10.3
	2.07	25	7.9	9.5	8.8
		35	11.7	12.2	9.8
		45	12.2	12.8	15.2

ตารางที่ ค.3 ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน x ในสถานที่ A

ชนิดของใบ	acceleration (G)	Load	Accleration( $m/s^2$ )		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
CVWS	0.58	25	-0.040	-0.085	-0.101
		35	0.031	0.009	-0.018
		45	-0.011	0.008	0.031
BBWS	0.58	25	-0.023	0.008	-0.027
		35	0.011	0.010	-0.051
		45	-0.030	0.023	0.037
TBWS	0.58	25	0.027	-0.004	-0.042
		35	-0.044	0.012	-0.002
		45	0.018	-0.014	0.019

ตารางที่ ค.4 ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน x ในสถานที่ B

ชนิดของใบ	acceleration (G)	Load	Accleration( $m/s^2$ )		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
CVWS	0	25	0.001	-0.020	0.014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		35	-0.016	-0.018	-0.020
		45	-0.019	-0.022	-0.017
		25	N.A	N.A	N.A
	0.58	35	0.016	-0.018	-0.039
		45	0.025	-0.006	-0.008
		25	0.044	0.034	0.009
	2.07	35	0.022	0.012	0.012
		45	-0.044	-0.021	0.034
		25	0.001	-0.020	0.014
BBWS	0	35	-0.016	-0.018	-0.020
		45	-0.019	-0.022	-0.017
		25	N.A.	N.A	N.A.
	0.58	35	N.A	N.A.	N.A
		45	-0.007	N.A	N.A
		25	0.044	0.034	0.009
	2.07	35	0.022	0.014	0.012
		45	-0.044	-0.021	0.034
		25	0.018	0.034	-0.022
TBWS	0	35	0.008	-0.012	-0.049
		45	0.001	-0.026	0.046
		25	N.A	N.A	N.A
	0.58	35	0.013	-0.017	0.004
		45	N.A	N.A	N.A
		25	N.A	-0.043	-0.015
	2.07	35	0.024	0.053	-0.002
		45	0.006	N.A	0.001

ตารางที่ ค.5 ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน y ในสถานที่ A

ชนิดของใบ	acceleration (G)	Load	Accleration( $m/s^2$ )		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
CVWS	0.58	25	-0.021	0.028	0.044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		35	-0.012	0.010	-0.018
		45	-0.006	0.034	0.003
BBWS	0.58	25	0.050	-0.031	0.004
		35	0.023	0.079	-0.078
		45	-0.014	0.017	0.071
TBWS	0.58	25	0.007	0.037	0.054
		35	0.049	-0.013	-0.026
		45	-0.034	0.004	0.006

ตารางที่ ค.6 ชนิดของโบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน y ในสถานที่ B

ชนิดของโบ	acceleration (G)	Load	Accleration( $m/s^2$ )		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
CVWS	0	25	-0.027	0.006	0.033
		35	0.024	0.021	-0.025
		45	0.048	0.001	0.005
	0.58	25	N.A	N.A	N.A
		35	-0.001	-0.004	-0.031
		45	-0.022	-0.028	-0.017
	2.07	25	-0.120	-0.038	0.002
		35	-0.017	N.A	-0.001
		45	N.A	0.023	N.A
BBWS	0	25	-0.042	-0.016	-0.011
		35	0.062	0.007	0.033
		45	-0.039	0.079	0.032
	0.58	25	N.A	N.A	N.A
		35	N.A	N.A	N.A
		45	-0.009	N.A	N.A
	2.07	25	-0.002	-0.040	-0.005
		35	0.048	0.009	0.077
		45	-0.012	-0.033	-0.049
TBWS	0	25	0.017	-0.036	0.018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		35	0.094	-0.040	-0.048
		45	-0.076	-0.025	0.019
	0.58	25	N.A	N.A	N.A
		35	-0.028	-0.048	-0.033
		45	N.A	N.A	N.A
	2.07	25	N.A	0.003	0.027
		35	-0.003	-0.017	-0.021
		45	-0.071	N.A	0.002

ตารางที่ ค.7 ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน z ในสถานที่ A

ชนิดของใบ	acceleration (G)	Load	Accleration( $m/s^2$ )		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
CVWS	0.58	25	0.183	-0.329	-0.096
		35	0.313	-0.017	0.155
		45	-0.011	0.016	-0.009
BBWS	0.58	25	0.004	0.076	-0.092
		35	-0.018	-0.239	-0.081
		45	0.096	0.028	0.053
TBWS	0.58	25	0.329	-0.084	-0.236
		35	-0.048	-0.013	0.007
		45	0.126	0.046	0.041

ตารางที่ ค.8 ชนิดของใบและค่าความเร่งสูงสุด ( $m/s^2$ ) จากแกน z ในสถานที่ B

ชนิดของใบ	acceleration (G)	Load	Accleration( $m/s^2$ )		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
CVWS	0	25	0.131	-0.009	0.015
		35	0.037	-0.007	0.034
		45	-0.054	0.030	0.012
	0.58	25	N.A	N.A	N.A
		35	0.101	0.010	-0.017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		45	0.028	0.027	-0.017
	2.07	25	0.058	0.021	0.151
		35	-0.020	N.A	-0.118
		45	N.A	0.007	N.A
BBWS	0	25	0.011	0.022	-0.060
		35	0.055	-0.004	0.009
		45	0.030	-0.077	-0.003
	0.58	25	N.A	N.A	N.A
		35	N.A	N.A	N.A
		45	0.027	N.A	N.A
	2.07	25	0.007	0.009	-0.029
		35	0.039	-0.116	0.005
		45	-0.016	0.029	0.037
TBWS	0	25	-0.007	0.006	0.005
		35	0.063	-0.029	0.082
		45	0.054	-0.031	-0.020
	0.58	25	N.A	N.A	N.A
		35	0.008	-0.050	0.017
		45	N.A	N.A	N.A
	2.07	25	N.A	-0.026	-0.103
		35	0.018	0.030	-0.051
		45	-0.008	N.A	-0.066

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวกรรณิการ์ สีวิโสตร  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 7 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2543  
 ภูมิลำเนา จังหวัดนครศรีธรรมราช  
 ที่อยู่ 60/8 หมู่ 8 ต.วัดท้ายสำเภา อ.พระพรหม จ.  
 นครศรีธรรมราช 80000  
 E-mail Kannika\_sewasod4306@hotmail.com

### ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษามัธยมตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนสตรีระนอง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขต ชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

### ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงานในแผนกฝ่ายผลิต บริษัท บริษัท คิว เอ็ม บี (QMB) จำกัด จังหวัดชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวณัฐธิดา เป้าทอง  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543  
 ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง  
 ที่อยู่ 86 หมู่ 4 ตำบลโคกยาง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง 92110  
 E-mail nattatida2903@gmail.com

### ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) การศึกษา 2561 จากโรงเรียนตรังคริสเตียนศึกษา  
 - สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

### ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงานในแผนกฝ่ายผลิต บริษัท บริษัท คิว เอ็ม บี (QMB) จำกัด จังหวัดชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายณัฐพล ตี๊พัว  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2544  
 ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง  
 ที่อยู่ 90 หมู่ 8 ตำบลกะลาเส อำเภอสีเกา จังหวัดตรัง  
 92150  
 E-mail nattapon4748@gmail.com

### ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2561  
 จากโรงเรียนวิเชียรมาตุ  
 - สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ.  
 วิศวกรรมเครื่องกล ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยี  
 พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตร  
 อุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

### ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงานแผนกกองซ่อมเครื่องยนต์ โรงงานมักกะสัน  
 จังหวัดกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายสุรศักดิ์ แซ่ฉั่ว  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ.2543  
 ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง  
 ที่อยู่ 63/51 หมู่ 2 ตำบลท่าพญา อำเภอปะเหลียน  
 จังหวัดตรัง 92140  
 E-mail minoi2240@gmail.com

- ประวัติการศึกษา - สำเร็จการศึกษามัธยมตอนปลาย (วิทย์-คณิต STEM) ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนวิเชียรมาตุ
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
- ผลงานและกิจกรรม - ผ่านการฝึกงานแผนกกองซ่อมเครื่องยนต์ โรงงานมักกะสัน จังหวัดกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้