



การศึกษาอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ

A STUDY OF BAFFLE SYSTEM FOR REDUCING FREE WATER MOVEMENT
IN LIQUID TANK

จักรกฤษณ์ กองไชย

JAKKIT KONGCHAI

มอส เสรีชัย

MOS SAREECHAI

โยธยา บุญยานันต์

YOTAYA BUNYANAN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกลภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ

A STUDY OF BAFFLE SYSTEM FOR REDUCING FREE WATER MOVEMENT
IN LIQUID TANK

จักรกฤษณ์ กองไชย

JAKKIT KONGCHAI

มอส เสรีชัย

MOS SAREECHAI

โยธยา บุญยานันต์

YOTAYA BUNYANAN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF BAFFLE SYSTEM FOR REDUCING FREE WATER MOVEMENT
IN LIQUID TANK



JAKKIT KONGCHAI

MOS SAREECHAI

YOTAYA BUNYANAN

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การศึกษาอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ

PROJECT TITLE A STUDY OF BAFFLE SYSTEM FOR REDUCING FREE WATER MOVEMENT IN LIQUID TANK

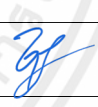

ชื่อนักศึกษา นายจักรกฤษณ์ กองไชย รหัสประจำตัว 62201032
นายมอส เสรีชัย รหัสประจำตัว 62201081
นายโยธยา บุญยานันต์ รหัสประจำตัว 62201082

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์

ปริญญาานิพนธ์

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

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 9 มิถุนายน 2566 เวลา 15.30 น. – 16.30 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง B213

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ	
ชื่อนักศึกษา	นายจักรกฤษณ์ กองไชย	รหัสประจำตัว 62201032
	นายมอส เสรีชัย	รหัสประจำตัว 62201081
	นายโยธยา บุญยานันต์	รหัสประจำตัว 62201082
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสมานนท์	

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการลดการเคลื่อนที่ของน้ำที่อยู่ในภาชนะบรรจุของเหลว โดยออกแบบ สร้าง ทดสอบและเปรียบเทียบผลของแผ่นกั้น 3 แบบ ได้แก่ center hole (C0) รูด้านข้าง 10 รู (C10) และรูด้านข้าง 18 รู (C18) ในถังทดสอบที่ใส่น้ำปริมาตร 25, 50 และ 75% ด้วยความถี่ 1-5 Hz ผลการทดสอบพบว่าการติดตั้งแผ่นกั้นที่มีรูด้านข้าง 18 รู (C18) ลดการกระเพื่อมของน้ำและลดการเคลื่อนที่ของน้ำของน้ำในถังบรรจุได้ดีกว่าแบบอื่น เนื่องจากอัตราเร่งที่ได้ในแนวแกน x ต่ำ และทิศทางการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในถังบรรจุเคลื่อนที่ไปตามแรงที่กระทำของชุดทดลองในแนวแกน x มากกว่าแกน y และแกน z

คำสำคัญ: แผ่นกั้น, ปริมาตรน้ำ, ความถี่

Project Title A Study of Baffle System for Reducing Free Water Movement
in Liquid Tank

Student Mr. Jakkit Kongchai **Student ID** 62201032

Mr. Mos Sareechai **Student ID** 62201081

Mr. Yotaya Bunyanan **Student ID** 62201082

Degree Bachelor of Engineering

Program Mechanical Engineering

Project Advisor Asst. Prof. Dr. Dithaporn Thungsotanon

ABSTRACT

The objective of this project was to study the methods for reducing the movement of water in the tank by designing, creating, testing, and comparing the effect of three types of baffles: center hole (C0), 10 side holes (C10), and 18 side holes (C18) in the tank that filled with water of 25%, 50%, and 75% by volume and tested with the frequencies ranging from 1 to 5 Hz. The results showed that the installation of C18 could more effectively reduce the sloshing force and the movement of water in the tank than the other types. Because the x-axis acceleration was lower, and the direction of liquid movement in the container being more aligned with the applied forces in the x-axis was more than the y and z axis direction.

Keywords: Baffles, Water volume, Frequency.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสมานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้และ ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์ ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ
แนวคิด ความรู้ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการในการทำปริญญาานิพนธ์

บุคคลที่ขาดมิได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและเป็นทีเคารพรัก ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่
คณะผู้จัดทำเสมอมาคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณ เพื่อนๆ นักศึกษาที่คอย
ช่วยเหลือแนะนำและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมถึงกำลังใจซึ่งทำให้การจัดทำปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง คณะ
ผู้จัดทำหวังว่าปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่มากนักน้อยต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาอุปกรณ์ลด
การเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ

จักรกฤษณ์ กองไชย

มอส เสรีชัย

โยธยา บุญยานันต์

มิถุนายน 2566

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 สมมุติฐานของการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.7 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	12
3.1 การออกแบบเครื่องทดลองและแผ่นกั้นสำหรับการศึกษาอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ	12
3.2 การสร้างเครื่องทดลอง	14
3.3 ระบบควบคุม	22
3.4 การทดสอบลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ	23
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	28
4.1 ผลของการเคลื่อนที่ของน้ำในถังบรรจุกรณีไม่มีแผ่นกั้น	28
4.2 ผลของการเคลื่อนที่ของน้ำในถังบรรจุกรณีมีแผ่นกั้น	30
4.3 ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำภายในภาชนะบรรจุ	34
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผลการทดลอง	35
5.2 ปัญหาที่พบ	35
5.3 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	37
ภาคผนวก ก	38
ประวัติผู้จัดทำ	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงานการออกแบบและสร้างเครื่องทดลองและแผ่นกั้น	3



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ภาพประกอบแสดงภาพรวมของปรากฏการณ์ Sloshing	4
2.2	ถึงรูปแบบต่างๆที่นิยมนำมาทดสอบการลดการเคลื่อนที่ของของเหลว	5
2.3	แผนภาพแผนผังของชุดทดลอง	7
2.4	แผนภาพแผนผังของชุดทดลอง	8
2.5	ภาพถ่ายของการไหลของน้ำที่มีการกระทบด้วยความดันในช่วงเวลาต่างๆ	8
2.6	พื้นผิวของของเหลวอิสระในรถบรรทุกถังที่มีอุปกรณ์กั้นแบบแนวนอน	9
2.7	ภาพสเก็ทซ์และผังตาข่ายของถังพร้อมแผ่นกั้นแนวนอนและแนวตั้ง	10
2.8	ภาพสเก็ทซ์ของการสั่นไถลในถังของของเหลวในมิติ 3 พร้อมกับแผ่นกั้นที่มีรู	10
2.9	ภาพการตอบสนองความถี่ของพื้นผิวอิสระ	11
3.1	เครื่องทดลอง	12
3.2	แผ่นกั้น central hole (C0)	13
3.3	แผ่นกั้น central hole และมีรูด้านข้าง 10 รู (C10)	13
3.4	แผ่นกั้น central hole และมีรูด้านข้าง 18 รู (C18)	14
3.5	เครื่องตัดเลเซอร์	15
3.6	แผ่นโต๊ะปรับระดับ	16
3.7	โต๊ะปรับระดับ	17
3.8	ตัวรองรับถังบรรจุ	17
3.9	ประกอบรางสไลด์	17

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.10	ประกอบแผ่น Acrylic + รางสไลด์	18
3.11	ประกอบตัวรองรับถังบรรจุ	18
3.12	ติดตั้งมอเตอร์	18
3.13	ชุดข้อเหวี่ยง	19
3.14	ประกอบชุดข้อเหวี่ยงและดรัมเบรกเข้ากับมอเตอร์	19
3.15	ถังปริมาตร 18.7 L	20
3.16	ฉากวัดระดับน้ำ	20
3.17	เครื่องทดสอบ	20
3.18	โปรแกรม Auto Laser	21
3.19	ตั้งค่าโปรแกรมในเครื่อง	31
3.20	ตั้งค่าจุดเริ่มต้น	22
3.21	สิ่งตัดตามแบบที่ออกไว้	22
3.22	วงจรไฟฟ้ากล่องควบคุม DC	23
3.23	Graphtec GL100	24
3.24	GS-3AT	24
3.25	แผ่นกั้น C0 (ก) 1 แผ่น (ข) 2 แผ่น (ค) 3 แผ่น	26
3.26	แผ่นกั้น C10 (ก) 1 แผ่น (ข) 2 แผ่น (ค) 3 แผ่น	26
3.27	แผ่นกั้น C18 (ก) 1 แผ่น (ข) 2 แผ่น (ค) 3 แผ่น	27
4.1	อัตราเร่งแกน x เมื่อถังบรรจุน้ำ 25% และไม่มีแผ่นกั้น	28
4.2	อัตราเร่งแกน x เมื่อถังบรรจุน้ำ 50% และไม่มีแผ่นกั้น	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.3	อัตราเร่งแกน x เมื่อถึงบรรจุน้ำ 75% และไม่มีแผ่นกั้น	29
4.4	อัตราเร่งที่ความถี่เดียวกัน แต่ระดับน้ำในถังบรรจุต่างกัน	29
4.5	อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 25% มีแผ่นกั้น C0	30
4.6	อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 25% มีแผ่นกั้น C10	30
4.7	อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 25% มีแผ่นกั้น C18	31
4.8	อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 50% มีแผ่นกั้น C0	31
4.9	อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 50% มีแผ่นกั้น C10	31
4.10	อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 50% มีแผ่นกั้น C18	32
4.11	อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 75% มีแผ่นกั้น C0	32
4.12	อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 75% มีแผ่นกั้น C10	33
4.13	อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 75% มีแผ่นกั้น C18	33
4.14	กราฟแสดงทิศทางการสั่นของอัตราเร่ง	34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันรณพยานยาทางการทำการเกษตร การเคลื่อนที่ของน้ำในถังบรรจุรณพยานยาทางการเกษตร มีผลต่อความสามารถในการปฏิบัติงาน เนื่องจากสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน เช่น บางพื้นที่ราบเรียบ บางพื้นที่ขรุขระอาจส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในถังบรรจุรณพยานยาทางการเกษตร ในกรณีที่มีของเหลวปริมาณมากถูกบรรจุในถังน้ำ แรงดันที่ผนังถังซึ่งอาจทำให้โครงสร้างของถังบรรจุหรือรถเสียหาย จะส่งผลกระทบต่อการใช้งานได้ การเคลื่อนที่ที่เกิดจากการรบกวนต่อภาชนะที่มีของเหลวบางส่วนอยู่ภายใน ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของการรบกวนและรูปร่างของภาชนะ พื้นผิวของเหลวอิสระสามารถประสบการณ์เคลื่อนที่แบบต่างๆ การ Sloshing เป็นทฤษฎีทางวิศวกรรมและกลศาสตร์เหลวที่ใช้ในการศึกษาและอธิบายการเคลื่อนที่ของของเหลวในภาชนะที่มีการเขย่าหรือไค้งงอ สามารถทำนายพฤติกรรมเคลื่อนที่ของเหลวได้ [1] การใช้แผ่นกั้นสามารถลดแรงเสียดทานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ สามารถออกแบบและเลือกใช้ baffle ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละแบบการใช้งาน [2] มีผู้วิจัยหลายท่าน [3-12] ได้ทดลองศึกษาและออกแบบการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในถัง เพื่อลดการกระทบกันของของเหลวและคิดค้นแผ่นกั้นเพื่อให้มีประสิทธิภาพตามต้องการทั้งแบบ 2 และ 3 มิติ ซึ่งพบว่าแผ่นกั้นสามารถดูดซับพลังงานและกระจายพลังงานจลน์ที่ผนังทั้งหมดแทนที่จะไปตามทิศทางของการกระตุ้น นอกจากนี้ยังได้สร้างแบบจำลองแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในถัง โดยมีและไม่มีแผ่นกั้น ผลแสดงให้เห็นว่าแผ่นกั้นสามารถช่วยลดโมเมนต์และเพิ่มความเสถียรของรถบรรทุกและลดการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากการคว่ำขณะเลี้ยว พัฒนาระบบทดลองสำหรับการเคลื่อนที่ของของเหลวในถัง ซึ่งจากการทดลองพบว่าการเคลื่อนที่ของของเหลวจะลดลง

จากประเด็นที่ได้กล่าวไปแล้วจะเห็นได้ว่าการใช้แผ่นกั้นมีประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนที่ของของเหลว ดังนั้นโครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อหาแนวทางในการลดการเคลื่อนที่ของน้ำในภาชนะบรรจุเพื่อการเกษตร โดยศึกษาผลกระทบของแผ่นกั้นแบบต่างๆ ที่มีผลต่อระดับน้ำในภาชนะบรรจุ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาแนวทางในการลดการเคลื่อนไหวอย่างรุนแรงของน้ำในภาชนะบรรจุเพื่อการเกษตร
ขณะมีการเคลื่อนย้าย

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ถังทดสอบเป็นถังทรงกระบอกกลม ปริมาตร 18.7 L
2. เมื่อติดตั้งแผ่นกั้นการเคลื่อนที่ของน้ำ ปริมาตรสุทธิของของเหลวภายในภาชนะบรรจุ
เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมไม่เกิน 5 %
3. ทำการทดสอบที่ค่าการสั่นสะเทือนที่ 1-5 Hz
4. ทดสอบกับแผ่นกั้น 3 แบบ ได้แก่ center hole (C0) รูด้านข้าง 10 รู (C10) และรูด้านข้าง 18 รู
(C18)

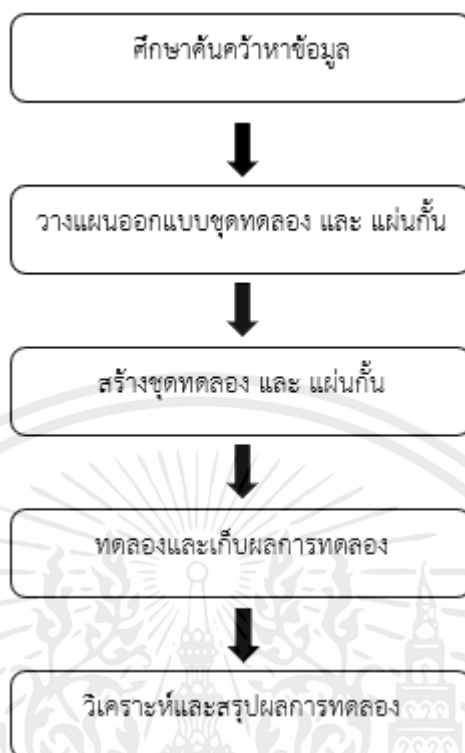
1.4 สมมุติฐานของการศึกษา

- 1.4.1 แผ่นกั้น C0 ลดการเคลื่อนที่ของน้ำได้ดีกว่า C10 และ C18

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการกระเพื่อมของของเหลวในถังทรงกระบอก
แนวนอน

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานการออกแบบและสร้างเครื่องทดลองและแม่พิมพ์

หัวข้อ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
	65	65	65	65	65	66	66	66	66	66
ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	↔									
วางแผนและออกแบบการทดลอง	↔									
ทดลองและรวบรวมผลการทดลอง			↔							
วิเคราะห์ผลสรุปผลงานวิจัย					↔					
และจัดทำรายงาน							↔			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

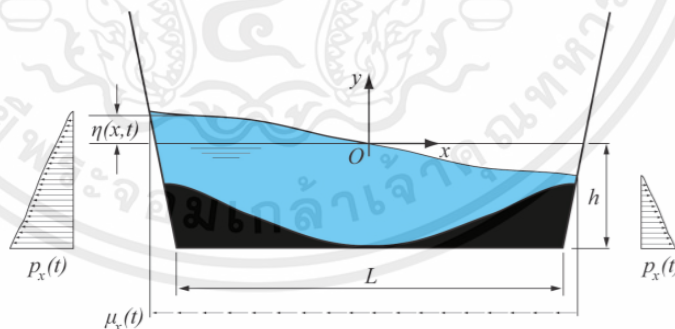
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและสมการที่เกี่ยวข้อง

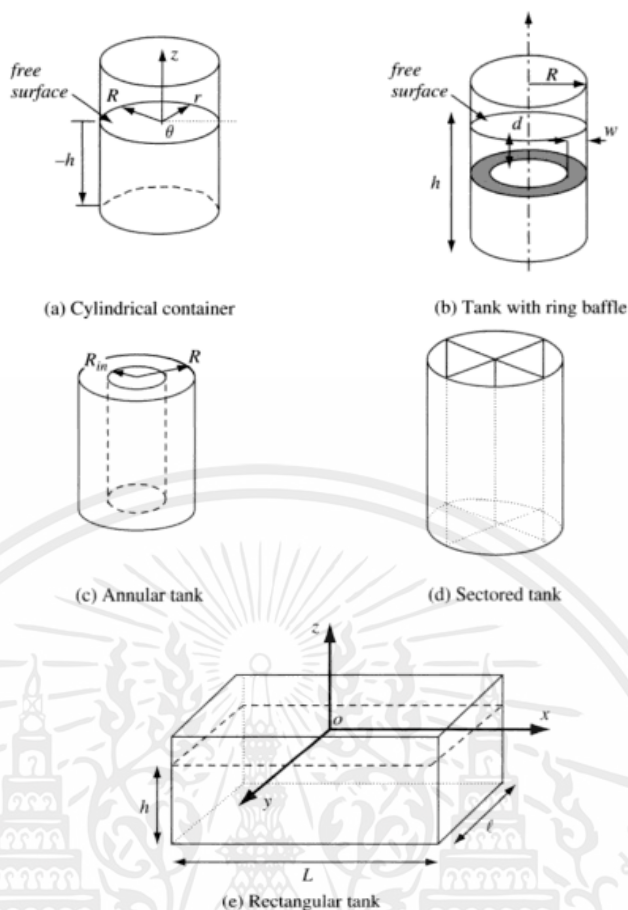
2.1.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของของเหลว (Sloshing)

หมายถึงการเคลื่อนที่ของพื้นผิวของของเหลวอิสระภายในภาชนะ การเคลื่อนที่ที่เกิดจากการรบกวนต่อภาชนะที่มีของเหลวบางส่วนอยู่ภายใน ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของการรบกวนและรูปร่างของภาชนะ พื้นผิวของเหลวอิสระสามารถประสบการเคลื่อนที่แบบต่างๆ การเกิด Sloshing เป็นทฤษฎีทางวิศวกรรมและกลศาสตร์เหลวที่ใช้ในการศึกษาและอธิบายการเคลื่อนที่ของของเหลวในภาชนะที่มีการเขย่าหรือโค้งงอ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับหลายสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การออกแบบภาชนะเก็บน้ำในรถบรรทุกหรือเรือ การจัดการของเหลวในโรงงานอุตสาหกรรม หรือการออกแบบอุปกรณ์ทางเคมีที่มีการเคลื่อนที่เร็ว ซึ่งทฤษฎีนี้ยังมีการพิจารณาปัญหาในมุมมองของกลศาสตร์ของเหลว โดยพิจารณาถึงลักษณะของการเคลื่อนที่ของเหลว การกระจายของเหลว และประสิทธิภาพของการถ่ายโอนพลังงานในระบบทฤษฎีนี้ใช้หลักการอริยาบถในกลศาสตร์ของเหลวและสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับความเสถียรภาพของของเหลว เช่น การสมมุติว่าของเหลวไม่หยุดเคลื่อนที่ หรือการสมมุติว่ามีแรงต้านคู่กันกับการเคลื่อนที่ของของเหลวที่สำคัญในการศึกษาการ Sloshing คือการหาแนวทางในการวิเคราะห์และโมเดลเพื่อให้สามารถทำนายพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ของเหลวได้ [1] ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ภาพประกอบแสดงภาพรวมของปรากฏการณ์ Sloshing [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ถังรูปแบบต่างๆที่นิยมนำมาทดสอบการลดการเคลื่อนที่ของของเหลว [1]

การศึกษา Sloshing มีหลายวิธีที่สามารถนำมาใช้ เช่น การใช้การจำลองคอมพิวเตอร์ (Computational Fluid Dynamics, CFD) เพื่อจำลองพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ของเหลว การวิเคราะห์ทางทฤษฎี เช่น ทฤษฎีการควบคุมเชิงเส้น (Linear Control Theory) เพื่อออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเหลว และมีเครื่องมือทางทฤษฎี เช่น วิธีแปลงลาปลาซ (Laplace Transform) หรือการใช้หลักการวิเคราะห์ความสมดุล (Equilibrium Analysis) เพื่อทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหาอย่างละเอียด

2.1.2 ทฤษฎีการลดการเคลื่อนที่ของของเหลวด้วยแผ่นกั้น (baffle)

เป็นหนึ่งในวิธีการที่นิยมใช้เพื่อลดอัตราการเคลื่อนที่ไม่ต้องการของเหลวในภาชนะ ทฤษฎีนี้มีความสำคัญในการออกแบบและวิเคราะห์ระบบที่มีการเคลื่อนที่ของเหลวภายใน เช่น ถังเก็บเหลวหรือคอนเทนเนอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ หลักการของทฤษฎีนี้เริ่มต้นจากการติดตั้งแผ่นกั้นภายในภาชนะเพื่อสร้างอุปทานในการเคลื่อนที่ของเหลว แผ่นกั้นเป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งติดตั้งในภาชนะเพื่อจำกัดความเร็วของเหลวในทิศทางเฉพาะ โดยการทำให้ของเหลวเคลื่อนที่ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นกันและเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนที่ผลที่เกิดขึ้นคือการจำกัดการเคลื่อนที่ของเหลวให้เกิดเพียงในขอบเขตภายในภาชนะเท่านั้น โดยการลดอัตราการเคลื่อนที่ ที่ไม่ต้องการและความสัมพันธ์คลื่นที่เกิดขึ้นในของเหลว

การใช้แผ่นกันสามารถลดการเคลื่อนที่ ที่ไม่ต้องการของเหลวได้โดยมีผลในการลดแรงเสียดทานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังช่วยลดความสัมพันธ์คลื่นที่เกิดขึ้นในเหลว และลดการเคลื่อนที่ไม่สมมาตรที่เกิดขึ้นในเหลวภายในภาชนะ ทฤษฎีการลดการเคลื่อนที่ด้วย baffle มีการนำไปใช้งานในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเคมี เพื่อลดอัตราการเคลื่อนที่ของเหลวในทางทะเล เพื่อลดการเสียดทานของเหลวในรถถังขนส่ง และในการออกแบบภาชนะเพื่อการใช้งานพิเศษอื่นๆ ทฤษฎีนี้มีการศึกษาและการวิเคราะห์ที่ลึกซึ้งเพื่อให้สามารถออกแบบและเลือกใช้ baffle ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละแบบการใช้งาน [2]

2.1.3 เวกเตอร์ตั้งฉาก (Vector Direction Cosine)

ค่าของความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์แต่ละตัวกับแกนพื้นฐานที่ใช้ในการแสดงทิศทาง เวกเตอร์ที่มีความยาวเท่ากับ 1 และแสดงค่าโคไซน์ของมุมที่เวกเตอร์นั้นสร้างกับแกนต่างๆ ในระบบพิกัดสามมิติ เวกเตอร์นี้สามารถแสดงได้ในรูปแบบ

$$A = \langle a_x, a_y, a_z \rangle \quad (2.1)$$

$$\cos \alpha = \frac{a_x}{\|a\|}, \cos \gamma = \frac{a_z}{\|a\|}, \cos \beta = \frac{a_y}{\|a\|} \quad (2.2)$$

โดยในที่นี้ $\|V\|$ หมายถึงความยาวของเวกเตอร์ V ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้สูตร:

$$\|A\| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (2.3)$$

2.1.4 มุมทิศทาง (Vector Direction angle)

มุมระหว่างเวกเตอร์กับแกนพื้นฐานที่ใช้ในการแสดงทิศทาง มุมที่เวกเตอร์สร้างกับแกนที่กำหนดในระบบพิกัดสามมิติซึ่งการคำนวณมุมทิศทางสามารถใช้สูตร

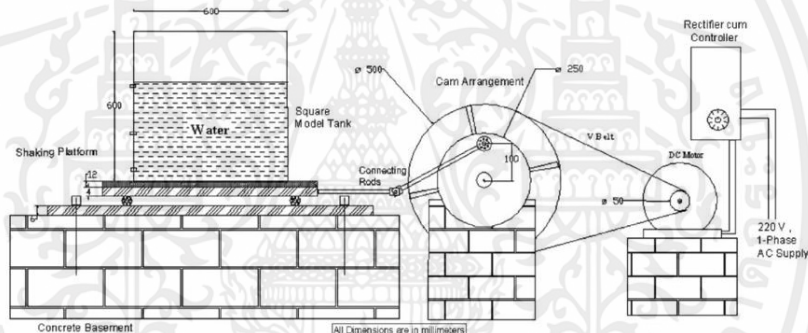
$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1 \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั้ง Direction Cosines และ Direction Angles นี้มีประโยชน์ในการแสดงทิศทางหรือเส้นทางของเวกเตอร์ในระบบพิกัดที่กำหนดไว้ และนำมาใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์เวกเตอร์ในรูปแบบต่างๆ ในคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ได้ [13]

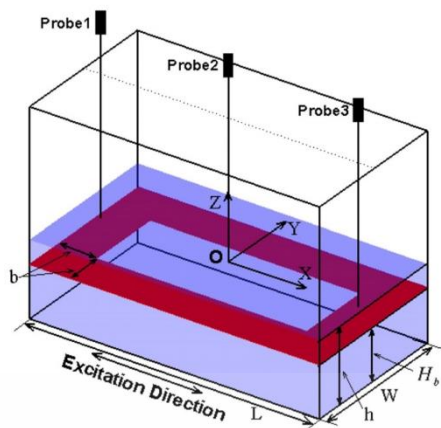
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Panigrahy et al. [3] ได้ทดลองถังที่ติดกับโต๊ะเขย่าที่สามารถเคลื่อนที่ไปมาโดยการจัดเรียงลูกเบี้ยวที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงและอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่ทั้ง 3 แบบ คือ แผ่นกั้นแนวนอน แผ่นกั้นแนวตั้งและแผ่นกั้นวงแหวน สรุปได้ว่า แผ่นกั้นวงแหวน ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าแผ่นกั้นวงแหวนมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเทียบกับแผ่นกั้นแนวนอนทั่วไป เป็นเพราะแผ่นกั้นวงแหวนดูดซับพลังงานและกระจายพลังงานที่ผนังทั้งหมดแทนที่จะมุ่งไปตามทิศทางของการกระตุ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.3



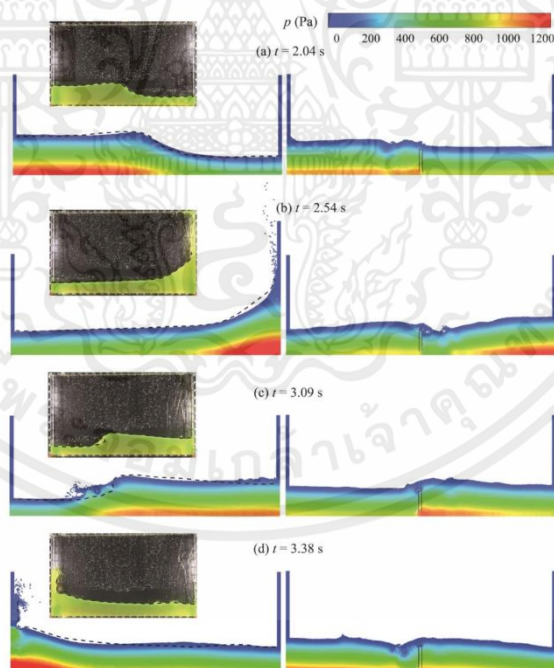
รูปที่ 2.3 แผนภาพแผนผังของชุดทดลอง [3]

Mi-An and Lin. [4] ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเชิงตัวเลขสามมิติ เพื่อศึกษาการไหลของของเหลวในถังสี่เหลี่ยมที่ได้รับการกระตุ้นด้วยความถี่ใกล้เคียงเรโซแนนซ์ โดยแบบจำลองนี้สร้างขึ้นจากการแก้สมการ Navier Stokes และในแบบจำลองนี้ได้มีการนำวิธี VBF มาใช้ในการสร้างแบบจำลองแผ่นกั้นภายในถังด้วยวิธี VOF เพื่อติดตามพื้นผิวอิสระและเทคนิค LES ถูกนำมาใช้เพื่อสร้างแบบจำลองผลกระทบของการไหลแบบปั่นป่วน จากนั้นใช้แบบจำลองนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพแผ่นกั้นของวงแหวนในการลดการกระทบกันของของเหลวในระบบสามมิติ ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แผนภาพแผนผังของชุดทดลอง [4]

Lizhu et al. [5] ได้ใช้แบบจำลอง BM-MPS แสดง snapshot ของการเคลื่อนที่แบบ sloshing ในถัง โดยแบบไม่มีแผ่นกั้นและมีแผ่นกั้นแบบ vertical ที่จำลองโดยวิธี BM-MPS โดยภาพจำลองของการไหลของน้ำที่มีการกระทบด้วยแรงดันในช่วงเวลา $T = 1.91$ s ดังนี้ (a) $t = 2.04$ s (b) $t = 2.54$ s (c) $t = 3.09$ s (d) $t = 3.38$ s โดยฝั่งซ้ายไม่มีแผ่นกั้นและขวามีแผ่นกั้นแนวตั้ง $H_b/h_0 = 0.8$ เส้นประแสดงผลของพื้นผิวอิสระ ดังรูปที่ 2.5



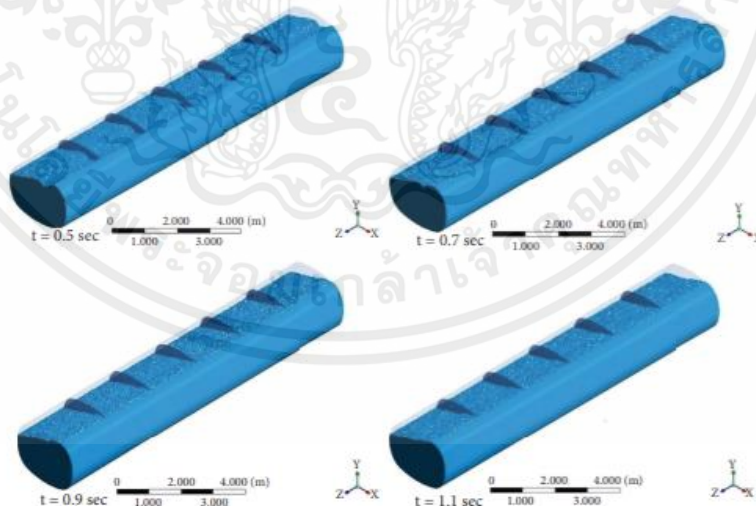
รูปที่ 2.5 ภาพถ่ายของการไหลของน้ำที่มีการกระทบด้วยความดันในช่วงเวลาต่างๆ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้องและวราภรณ์ [6] ประยุกต์ใช้เทคนิคในการแก้สมการต่างๆ และเทคนิคการกำหนดขอบเขตรูปทรงให้เป็นสิ่งกีดขวางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการไหลผ่านสิ่งกีดขวาง และได้พัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการไหลแบบราบเรียบและอัดตัวไม่ได้ในสองมิติโดยใช้หลักการพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ โดยทดสอบการไหลผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงขั้นบันไดกลับหลังที่ค่าเรย์โนลด์ 100, 389 และ 1000

Strand and Faltinsen. [7] ศึกษาถังที่มีรูปลิ่มเหลี่ยมขนาด 2 มิติที่มีผนังข้างเป็นแบบยี่ดหุ่่น การศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ทั้งทางทฤษฎีและทางตัวเลขโดยให้ความสนใจกับผลกระทบที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของน้ำและผนังที่ยี่ดหุ่่นด้วยการวิเคราะห์ทางทฤษฎีและการคำนวณ กรณีแรกเป็นการใช้ผนังซ้ายเป็นผนังแข็งที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ติดอยู่กับสปริง กรณีที่สองเป็นถังที่มีผนังซ้ายเป็นแบบแผ่นยี่ดหุ่่น

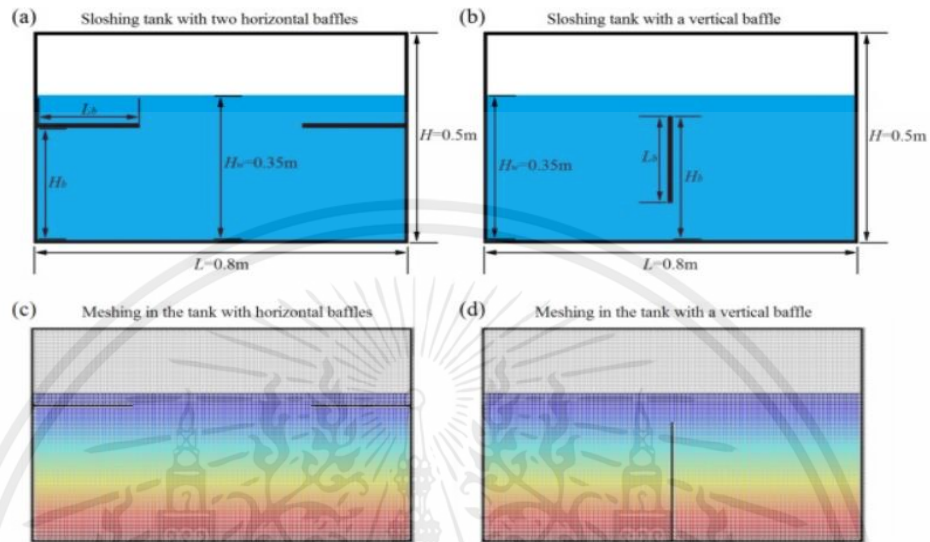
Siraye et al. [8] ศึกษาและออกแบบระบบแผ่นกั้นที่ดีที่สุดและการเคลื่อนที่ของน้ำมันที่ไม่เต็มถึงในขณะที่รถบรรทุกกำลังเลี้ยว ซึ่งการจำลองของการศึกษานี้ได้ใช้โมเดลหลายเฟสแบบปริมาตรของของเหลว (VOF) ใน ANSYS Fluent ในสถานะเวลาเปลี่ยนแปลงและใช้ ANSYS LS-DYNA สำหรับการวิเคราะห์แบบไดนามิกเพื่อตรวจสอบความมั่นคงของรถบรรทุกถัง ซึ่งการออกแบบชนิดนี้ช่วยลดโมเมนต์และช่วยเพิ่มความมั่นคงในการเกิดการคว่ำลงของรถบรรทุกและลดการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากการคว่ำลง ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 พื้นผิวของของเหลวอิสระบนดีเซลในรถบรรทุกถังที่มีอุปกรณ์กั้นแบบแวนอน [8]

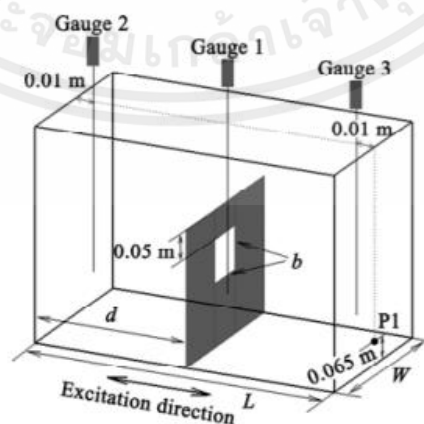
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Qin, Hao, et al. [9] ศึกษาคุณสมบัติการตอบสนองเชิงโครงสร้างของแผ่นกั้นป้องกันคลื่นใกลในแนวนอนและแนวตั้งของโครงแบบต่างๆ โดยใช้การจำลองทางคณิตศาสตร์และการวิเคราะห์ทางตัวเลข ในการศึกษาที่มีการใช้วิธีตัวแก้ FSI (Fluid-Structure Interaction) ในการแก้สมการ Navier-Stokes ของโดเมนของเหลวและสมการ FSI ของโครงสร้างที่ติดต่อกับเหลว ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ภาพสเก็ทซ์และผังตาข่ายของถังพร้อมแผ่นกั้นแนวนอนและแนวตั้ง [9]

Xue, Mi-an, et al. [10] ศึกษาและออกแบบและพัฒนาระบบทดลองสำหรับการเคลื่อนที่ของของเหลวในถัง โดยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของระบบทดลองโดยเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ทางตัวเลขจากโค้ด CFD ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งจากการทดลองพบว่าการเคลื่อนที่ของของเหลวจะลดลงเนื่องจากเอฟเฟกต์การบัพเฟอร์ของแผ่นกั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเร็วจะลดลงเมื่อแผ่นกั้นถูกติดตั้งภายในถัง ดังนั้นพลังงานจลน์ที่เกิดจากการกระจายแรงโดยแผ่นกั้น ดังรูปที่ 2.8

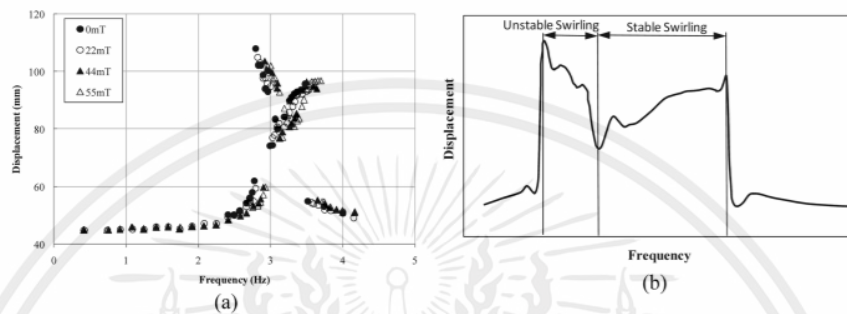


รูปที่ 2.8 ภาพสเก็ทซ์ของการสั่นไถลในถังของของเหลวในมิติ 3 พร้อมกับแผ่นกั้นที่มีรู

ระบายอากาศ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Eswaran, M., and Ujjwal K. Saha. [11] ศึกษาทางการทดลองความถูกต้องของสมมติฐานของโมเดลทางคณิตศาสตร์ การจำลองทางตัวเลข และการใช้โมเดลอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการออกแบบ ซึ่งการทดลองนี้ให้ความเข้าใจถึงปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของของเหลวในถังเป็นฟังก์ชันของความลึกของของเหลว ขนาดของถัง ระดับการกระตุ้นและความหนาแน่นของของเหลว ดังนั้นเมื่อการกระตุ้นเพิ่มขึ้น ของเหลวจะตอบสนองอย่างรุนแรง ซึ่งจะแสดงผลเป็นสามมิติ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ภาพการตอบสนองความถี่ของพื้นผิวอิสระ [11]

Hashemite, et al. [12] ทดลองถังรูปวงรีที่มีตัวแบ่งตรงกลางถังที่มีความยาวแตกต่างกัน และได้ศึกษาการใช้สมการกึ่งวิเคราะห์ที่ง่ายที่สุด เกี่ยวกับทฤษฎีคลื่นแรงโน้มถ่วง และศึกษาการเคลื่อนที่แบบสองมิติของของเหลวที่อยู่ในถังทรงกระบอก และได้สำรวจผลความเอียง คลื่น และความยาวของแผ่นกั้นต่อความถี่ธรรมชาติ

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบเครื่องทดลองและแผ่นกั้นสำหรับการศึกษาอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ

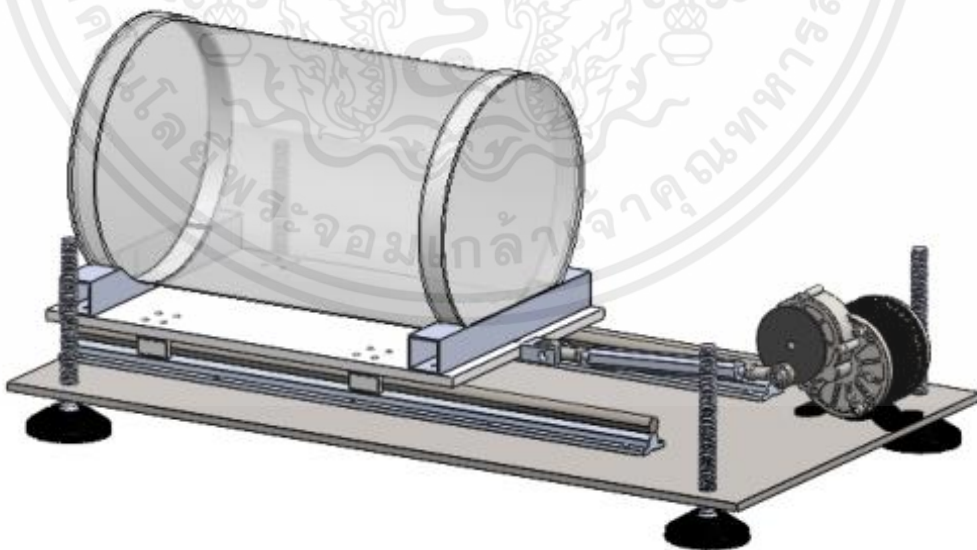
3.1 การออกแบบเครื่องทดลองและแผ่นกั้นสำหรับการศึกษาอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ hp รุ่น ENVY Laptop 15-ep0456
2. โปรแกรม SOLIDWORKS 2020

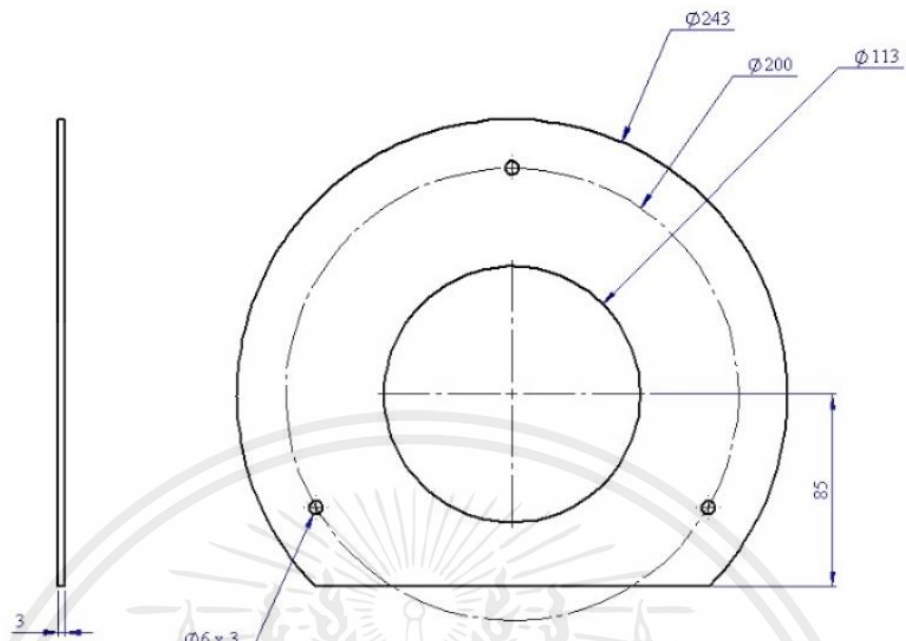
3.1.2 วิธีการดำเนินการ

1. ออกแบบเครื่องทดลองและแผ่นกั้นสำหรับการศึกษาอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ
2. เขียนแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS 2020 ดังรูปที่ 3.1- 3.4

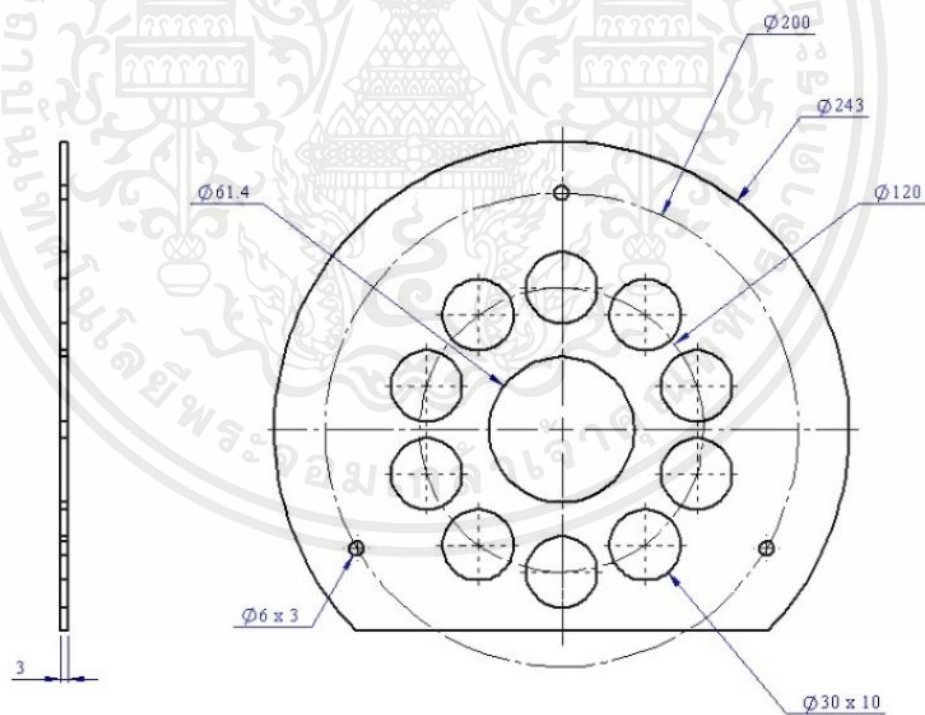


รูปที่ 3.1 เครื่องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

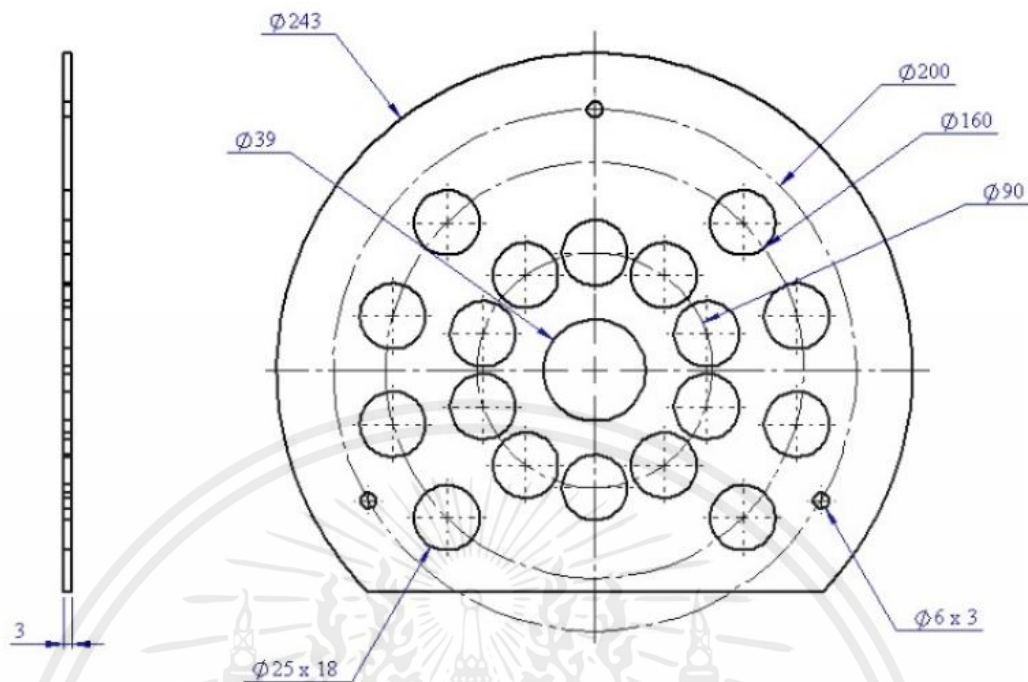


รูปที่ 3.2 แผ่นกั้น central hole (C0)



รูปที่ 3.3 แผ่นกั้น central hole และมีรูด้านข้าง 10 รู (C10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผ่นกั้น central hole และมีรูด้านข้าง 18 รู (C18)

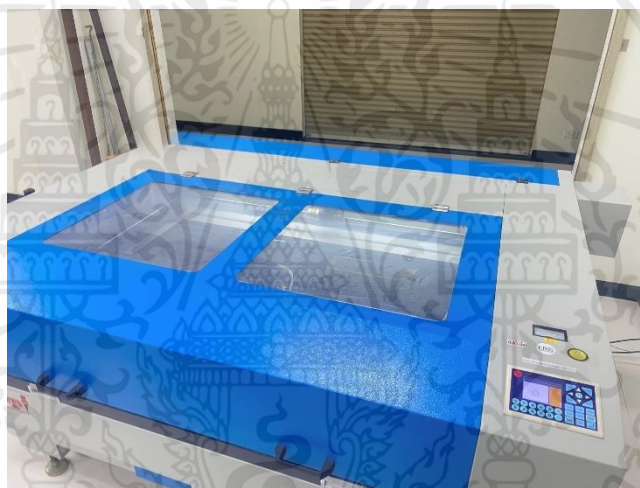
3.2 การสร้างเครื่องทดลอง

3.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. แผ่น Acrylic สี หนา 5 mm ขนาด 60 cm x 40 cm จำนวน 1 แผ่น
2. แผ่น Acrylic สี หนา 3 mm ขนาด 60 cm x 40 cm จำนวน 7 แผ่น
3. เหล็กแผ่น 8 mm ขนาด 43 cm x 80 cm จำนวน 1 แผ่น
4. เหล็กกล่อง 1.5" x 1.5" ยาว 56 cm จำนวน 1 เส้น
5. ท่อ Acrylic หนา 3 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 cm ยาว 40 cm จำนวน 1 ชิ้น
6. มอเตอร์ DC12V 250W 306 RPM ยี่ห้อ UNITE จำนวน 1 ตัว
7. ขาโต๊ะปรับระดับ ฝาลึง 7 cm นอต M14 จำนวน 4 ตัว
8. เหล็กแผ่น หนา 2 mm ขนาด 10 cm x 10 cm จำนวน 1 แผ่น
9. แกนยึดดรัมเบรก ยาว 30 cm นอต M6 จำนวน 1 ชิ้น
10. เหล็กสตัด เกลียว 1 mm M5 ยาว 100 cm จำนวน 3 ชิ้น
11. ชุดรางสไลด์ SBR12 ยาว 500 mm จำนวน 2 เส้น
12. ชุด SBR12UU Block Linear จำนวน 4 ชิ้น
13. เหล็กกล่อง 1" x 1" ยาว 150 cm จำนวน 1 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. แผ่นพีวีเจอร็อบอร์ดหนา 3 mm ขนาด 60 cm x 36 cm จำนวน 1 แผ่น
15. สว่านปรับรอบซ้าย-ขวา 10 mm ยี่ห้อ MAKITA รุ่น 6412
16. ดอกสว่าน 6 และ 8 mm
17. เครื่องตัดเลเซอร์ รุ่น M6090/60W (รูปที่ 3.5)
18. เครื่องมิลลิ่ง 1 ยี่ห้อ PaoFong รุ่น PF-55
19. เครื่องเจียร์ 4" MAKITA 540W รุ่น M0910B
20. น้ำยาเชื่อมแผ่น Acrylic ยี่ห้อ Aec glue ขนาด 100 ml
21. ดอกมิลลิ่ง 10 mm
22. โปรแกรม Auto Laser v2.3.5
23. แฟลชไดรฟ์ ยี่ห้อ Kingston 64 GB จำนวน 1 ชิ้น



รูปที่ 3.5 เครื่องตัดเลเซอร์

3.2.2 วิธีการสร้างเครื่องทดลอง

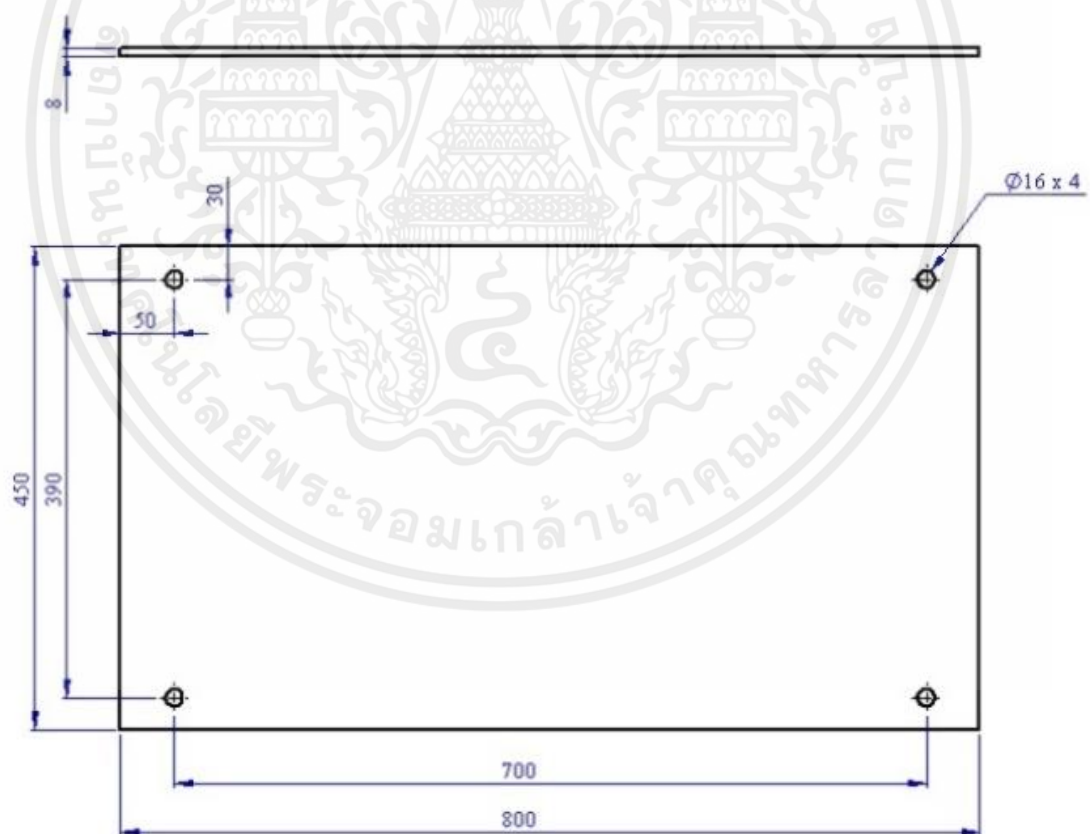
1. มิลลิ่งเหล็กแผ่น 8 mm ด้วยดอกมิลลิ่ง 10 mm เพื่อให้ได้ฉากและขนาดตามรูปที่ 3.6
2. ประกอบขาโต๊ะปรับระดับกับแผ่นเหล็กในข้อที่ 1 จะได้โต๊ะปรับระดับ ดังรูปที่ 3.7
3. นำเหล็กกล่อง 1.5" x 1.5" ตัดตามรูปที่ 3.8 ให้ได้ความยาว 28 cm เพื่อทำตัวรองรับ

ถึงบรรจุ

4. ประกอบรางสไลด์ Block Linear เข้ากับโต๊ะปรับระดับในข้อที่ 2 จะได้ดังรูปที่ 3.9
5. นำแผ่น Acrylic ไส้ 5 mm ประกอบเข้ากับ Block Linear จะได้โต๊ะเขย่า ดังรูปที่ 3.10
6. นำเหล็กกล่องในข้อที่ 3 ประกอบเข้ากับโต๊ะเขย่า ดังรูปที่ 3.11

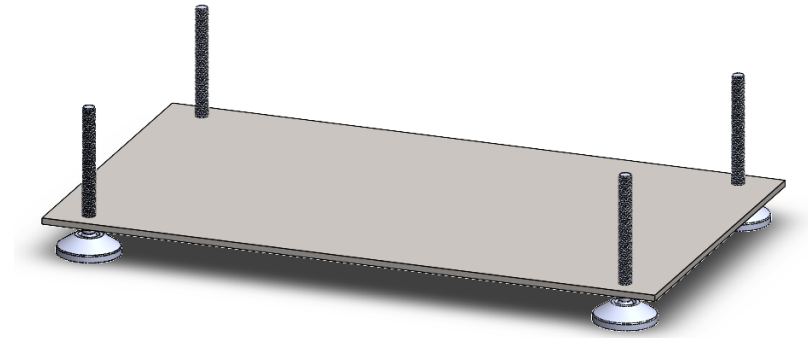
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ติดตั้งมอเตอร์บนโต๊ะปรับระดับ ดังรูปที่ 3.12
8. ตัดเหล็กแผ่นหนา 2 mm ให้ได้ขนาดและเจาะรูดังรูปที่ 3.13
9. ประกอบชุดข้อเหวี่ยง (ข้อที่ 8) เข้ากับมอเตอร์และใส่แกนยึดดรัมเบรก ยึดที่ชุดข้อเหวี่ยงกับโต๊ะเขย่า ดังรูปที่ 3.14
10. นำท่อ Acrylic และแผ่น Acrylic 2 แผ่นมาทำฝาปิดถัง แผ่นแรกใช้น้ำยาเชื่อมแผ่น Acrylic กับท่อ Acrylic และปิดให้สนิทไม่ให้น้ำรั่วออกมา แผ่นที่สองเป็นฝาปิดถังแบบเปิดปิดได้โดยอุดรอยต่อด้วยซิลิโคน ดังรูปที่ 3.15
11. นำเหล็กกล่อง 1" x 1" ตัดเป็น 4 ท่อน ๆ ละ 60 cm และเชื่อมติดกันเป็นโครงเหล็กรูปสี่เหลี่ยม และนำแผ่นพีวเจอร์บอร์ดติดกาวประกอบเข้ากับโครงเหล็กที่ทำไว้เพื่อเป็นฉากวัดระดับน้ำ ดังรูปที่ 3.16
12. นำถัง Acrylic ที่ปิดฝาขอบเรียบร้อยแล้ว วางบนโต๊ะเขย่าจะได้เครื่องทดสอบ ดังรูปที่ 3.17

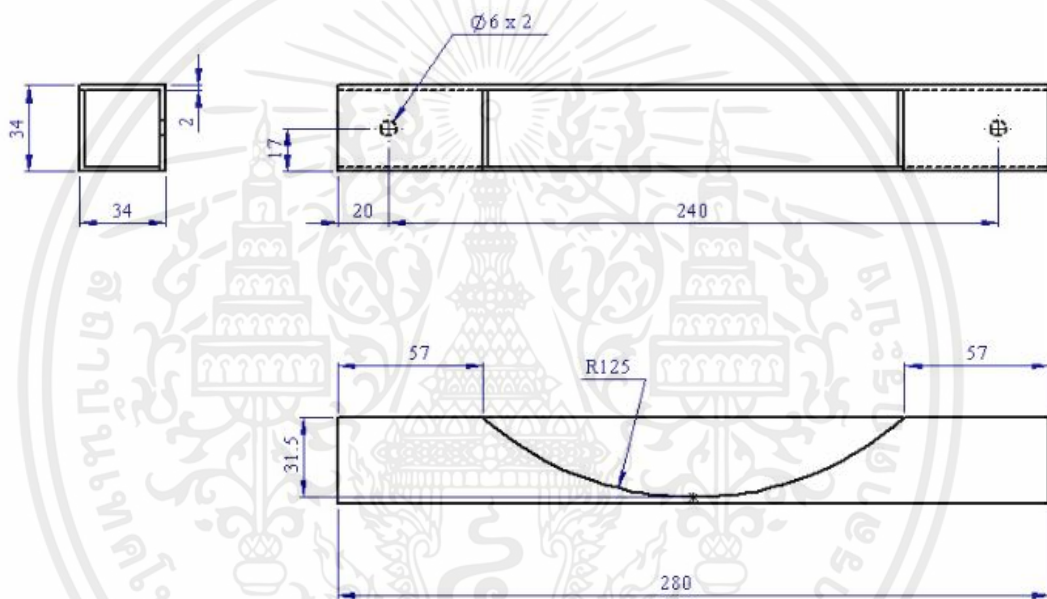


รูปที่ 3.6 แผ่นโต๊ะปรับระดับ

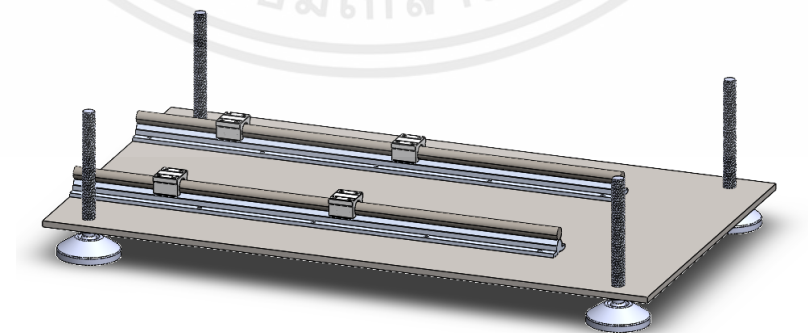
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 โต้ะปรับระดับ

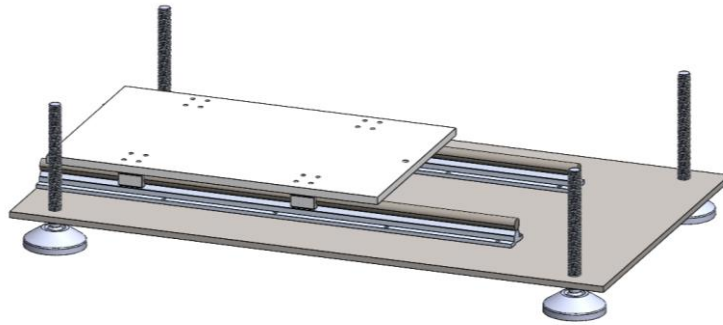


รูปที่ 3.8 ตัวรองรับถังบรรจุ

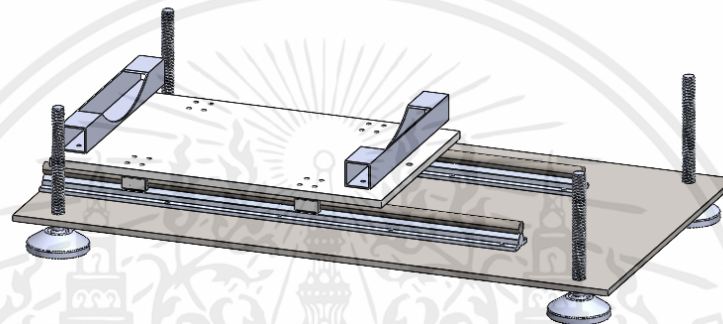


รูปที่ 3.9 ประกอบรางสไลด์

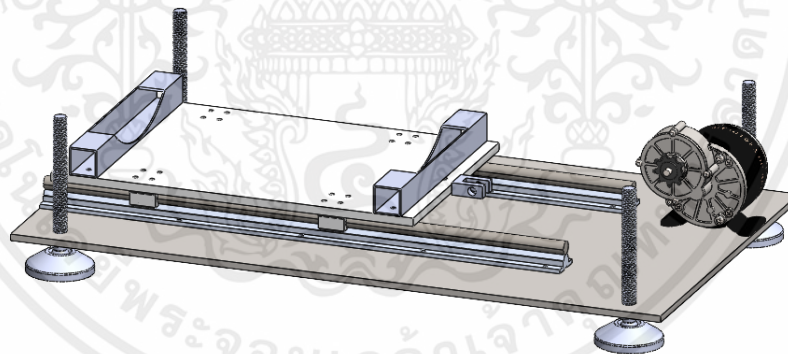
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ประกอบแผ่น Acrylic + รางสไลด์

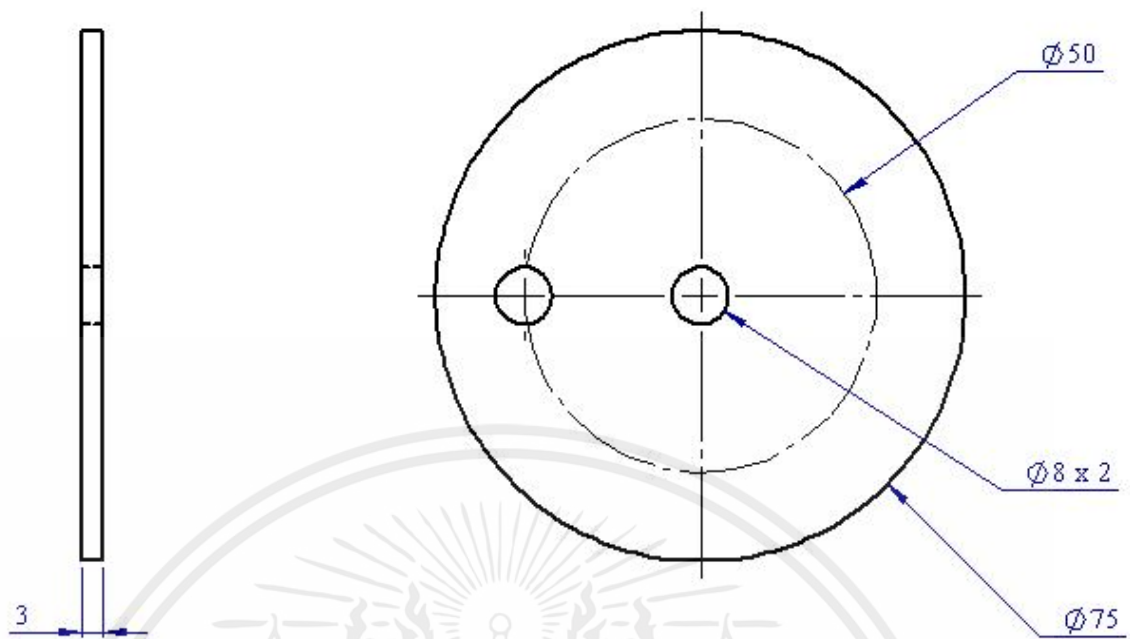


รูปที่ 3.11 ประกอบตัวรองรับถังบรรจุ

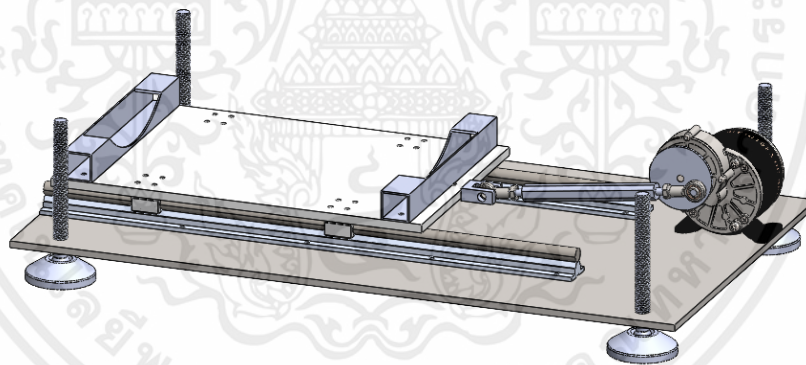


รูปที่ 3.12 ติดตั้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ชุดข้อเหวี่ยง



รูปที่ 3.14 ประกอบชุดข้อเหวี่ยงและตรัมเบรกเข้ากับมอเตอร์

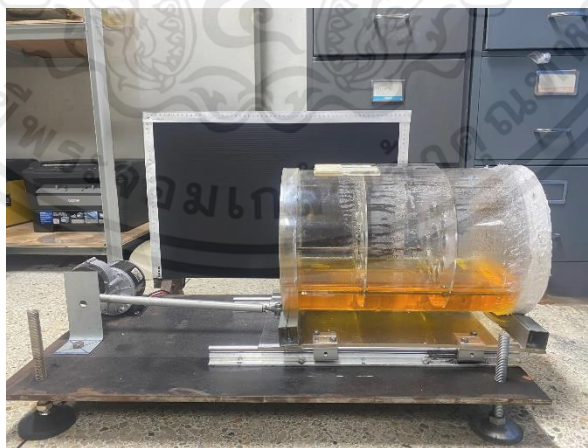
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ถึงปริมาตร 18.7 L



รูปที่ 3.16 ฉากวัดระดับน้ำ



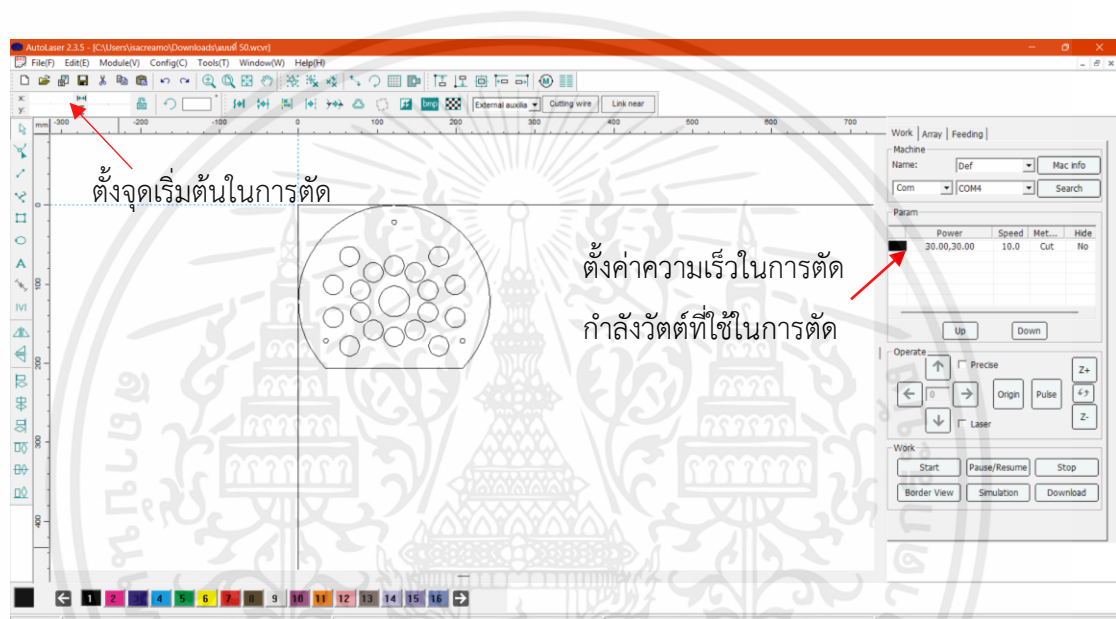
รูปที่ 3.17 เครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

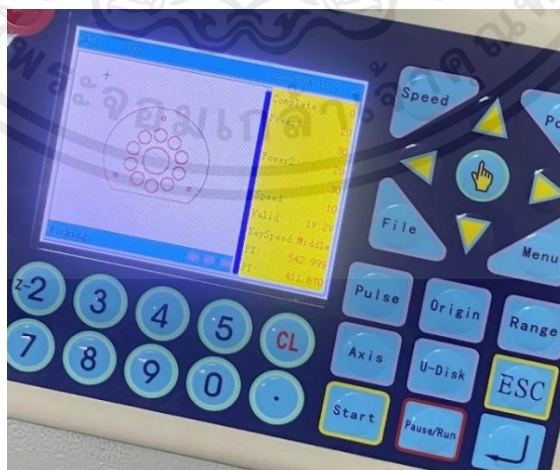
3.2.3 วิธีการสร้างแผ่นกัน

1. เปิดโปรแกรม Auto Laser ดังรูปที่ 3.18 นำเข้าไฟล์แบบที่วาดด้วยโปรแกรม SOLIDWORK 2020 ที่บันทึกเป็นนามสกุล .dxf จากนั้นกำหนดจุดเริ่มต้นในการตัด ความเร็วในการตัด กำลังวัตต์ที่ใช้ในการตัด หลังจากนั้นบันทึกไฟล์ลงแฟลชไดรฟ์

2. นำแฟลชไดรฟ์ในข้อที่ 1 มาเสียบที่ช่อง USB ของเครื่องตัดเลเซอร์ จากนั้นนำเข้าไฟล์ (รูปที่ 3.19) แผ่น Acrylic หนา 3 mm เข้าเครื่องตัดเลเซอร์ ตั้งค่าจุดเริ่มต้น (รูปที่ 3.20) และสั่งตัดตามแบบที่ออกไว้ (รูปที่ 3.21)



รูปที่ 3.18 โปรแกรม Auto Laser



รูปที่ 3.19 ตั้งค่าโปรแกรมในเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ตั้งค่าจุดเริ่มต้น



รูปที่ 3.21 สั่งตัดตามแบบที่ออกไว้

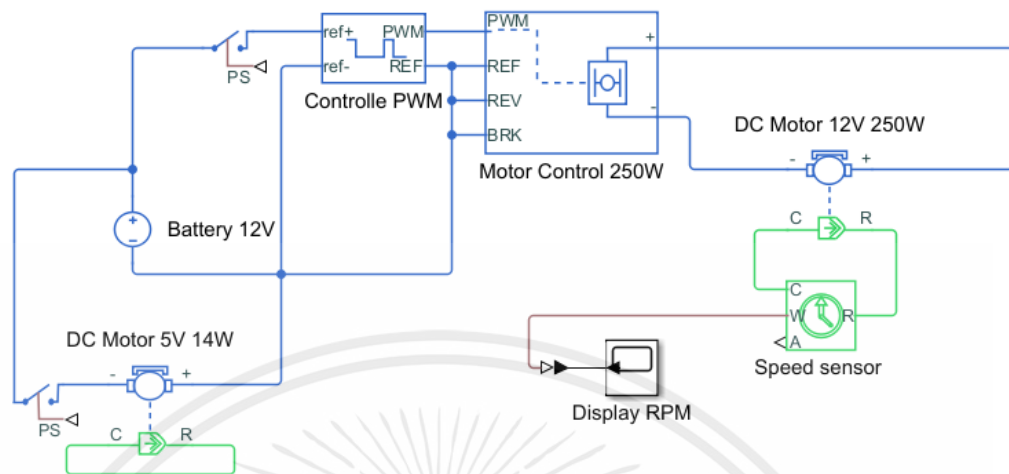
3.3 ระบบควบคุม

3.3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. สวิตช์เปิด - ปิด จำนวน 2 ชิ้น
2. วอลลุ่มปรับระดับ จำนวน 1 ชิ้น
3. เครื่องวัดความเร็วรอบแบบดิจิตอล รุ่น Detector จำนวน 1 ตัว
4. โมดูลควบคุมความเร็วมอเตอร์ 12V จำนวน 1 ตัว
5. สายไฟ 0.3 mm ยาว 50 cm
6. กล่องควบคุม ขนาด 18 cm x 29.8 cm x 12.5 cm จำนวน 1 กล่อง
7. แบตเตอรี่ ยี่ห้อ BIONTO รุ่น DC 8V-72V ขนาด 12V 8 Ah จำนวน 1 ก้อน
9. พัดลมระบายความร้อน 5V หนา 15 mm ขนาด 40 cm x 40 cm จำนวน 1 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรไฟฟ้า



รูปที่ 3.22 วงจรไฟฟ้ากล่องควบคุม DC

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

3.4 การทดสอบผลการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ

3.5.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องทดลองสำหรับการศึกษาอุปกรณ์ลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของ น้ำในถังบรรจุ
2. แผ่นกั้น C0 (รูปที่ 3.2)
3. แผ่นกั้น C10 (รูปที่ 3.3)
4. แผ่นกั้น C18 (รูปที่ 3.4)
5. กล่องควบคุมมอเตอร์ DC
6. Graphtec GL100 (รูปที่ 3.22)
7. GS-3AT (รูปที่ 3.23)
8. เทปกาว 2 หน้า หนา 1.6 mm. x 21 mm. ยาว 50 cm. ยี่ห้อ 3M
9. เลเซอร์วัดระดับ ยี่ห้อ THAKITA
10. ขาตั้งกล่อง
11. โทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ iPhone 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. เครื่องยิงชิลิโคน
13. กาวชิลิโคน ยี่ห้อ TOA
14. สีสผสมอาหาร ยี่ห้อ ตราดาว
15. ระดับน้ำ
16. น้ำ



รูปที่ 3.23 Graphtec GL100



รูปที่ 3.24 GS-3AT

3.5.2 วิธีการทดลอง

แบบไม่มีแผ่นกั้น

1. ติดตั้งถังเปล่ากับเครื่องทดลองให้อยู่ในแนวระดับด้วยระดับน้ำ
2. ติดตั้ง Graphtec GL100 และ GS-3AT บนถังบรรจุน้ำ โดยให้ GS-3AT อยู่ตรงกลางของถังทดลอง ด้วยเทปกาว 2 หน้า
3. เปิดเครื่อง Graphtec GL100 และเซตค่าอัตราเร่ง ที่ 5 ms
4. เปิดสวิตช์กล่องควบคุมมอเตอร์ DC และปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ 1 Hz ทำการปิดสวิตช์เครื่อง
5. เปิดเครื่องเลเซอร์วัดระดับ เพื่อวัดระดับน้ำในถังบรรจุ เตรียมขาตั้งกล้อง และโทรศัพท์มือถือ พร้อมบันทึกผลการทดลอง
6. บันทึกวิดีโอด้วยโทรศัพท์มือถือโดยเลือกใช้โหมดสโลโม่ช่น และกดบันทึกค่าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่อง Graphtec GL100 หลังจากนั้นทำการเปิดสวิตช์กล่องควบคุมมอเตอร์ที่กำหนดค่า Hz ไว้ และจับเวลาการทดลอง 30 วินาที

7. เมื่อครบเวลาที่กำหนด ปิดสวิตช์กล่องควบคุมมอเตอร์ และกดหยุดบันทึก

วิดีโอ พร้อมกดบันทึกค่าผลการทดลองที่เครื่อง Graphtec GL100

8. ทำการทดลองตั้งแต่ 2-5 Hz ตามขั้นตอนที่ 3-7

9. ใส่ น้ำที่ผสมสีผสมอาหารในภาชนะทดสอบขนาดปริมาตร 18.7 L ที่ระดับ 25%

ของถัง ปิดขอบฝาถังโดยใช้ซิลิโคน จากนั้นติดตั้งถังกับเครื่องทดลองให้อยู่ในแนวระดับด้วยระดับน้ำ

10. ทำตามขั้นตอนที่ 2-8

11. เพิ่มระดับน้ำในถังเป็น 50%, 75% และ 100% ของปริมาตรถัง และทำการ

ทดลองตามข้อที่ 2-8

12. วิเคราะห์ผลการทดลอง

แบบมีแผ่นกัน

1. ติดตั้งชุดแผ่นกัน CO แบบ 1 แผ่น (รูปที่ 3.24 (ก)) ในภาชนะทดสอบขนาดปริมาตร 18.7 L ที่ใส่น้ำผสมสีระดับ 25% ของถัง ปิดขอบฝาถังโดยใช้ซิลิโคน จากนั้นติดตั้งถังกับเครื่องทดลองให้อยู่ในแนวระดับด้วยระดับน้ำ

2. ติดตั้ง Graphtec GL100 และ GS-3AT บนถังบรรจุน้ำ โดยให้ GS-3AT อยู่ตรงกลางของถังทดลอง ด้วยเทปกาว 2 หน้า

3. เปิดเครื่อง Graphtec GL100 และเซตค่าอัตราเร่ง ที่ 5 ms

4. เปิดสวิตช์กล่องควบคุมมอเตอร์ DC และปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ 1 Hz ทำการปิดสวิตช์เครื่อง

5. เปิดเครื่องเลเซอร์วัดระดับ เพื่อวัดระดับน้ำในถังบรรจุ เตรียมขาตั้งกล้อง และโทรศัพท์มือถือ พร้อมบันทึกผลการทดลอง

6. บันทึกวิดีโอด้วยโทรศัพท์มือถือโดยเลือกใช้โหมดสโลโม่ช่น และกดบันทึกค่าที่เครื่อง Graphtec GL100 หลังจากนั้นทำการเปิดสวิตช์กล่องควบคุมมอเตอร์ที่กำหนดค่า Hz ไว้ และจับเวลาการทดลอง 30 วินาที

7. เมื่อครบเวลาที่กำหนด ปิดสวิตช์กล่องควบคุมมอเตอร์ และกดหยุดบันทึกวิดีโอ พร้อมกดบันทึกค่าผลการทดลองที่เครื่อง Graphtec GL100

8. ทำการทดลองตั้งแต่ 2-5 Hz ตามขั้นตอนที่ 3-7

9. เพิ่มระดับน้ำในถังเป็น 50% และ 75% ของปริมาตรถัง และทำการทดลองตาม

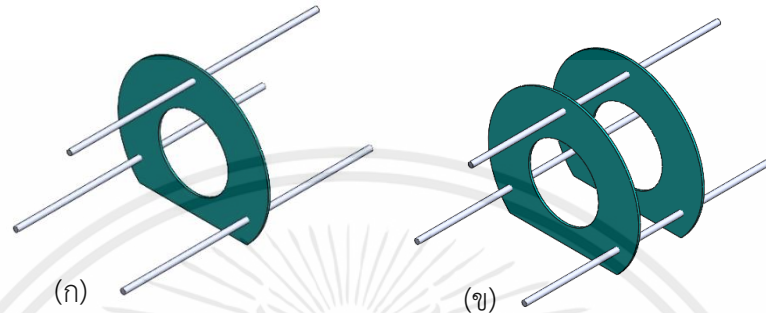
ข้อที่ 2-8

10. เพิ่มชุดแผ่นกั้นเป็น 2 และ 3 แผ่น (รูปที่ 3.24 (ข) และ (ค)) และทำตามข้อที่ 2-9

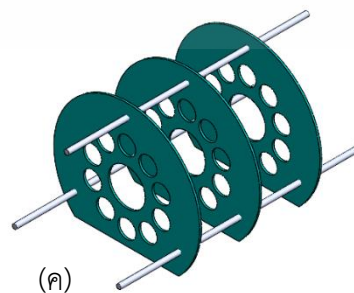
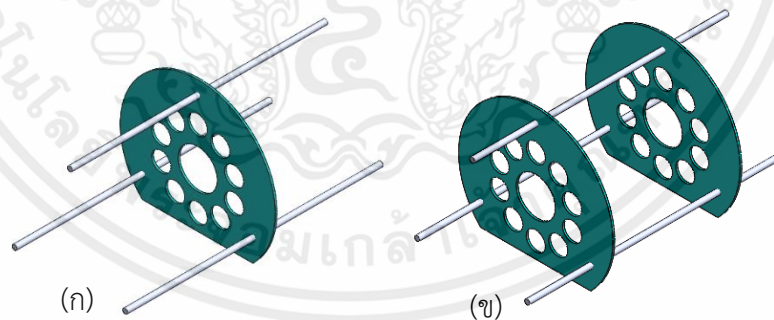
11. เปลี่ยนชุดแผ่นกั้นเป็น C10 (รูปที่ 3.25 (ก) - (ค)) และ C18 (รูปที่ 3.26 (ก) - (ค))

โดยทำตามขั้นตอนที่ 1-10 อีกครั้ง

12. วิเคราะห์ผลการทดลอง

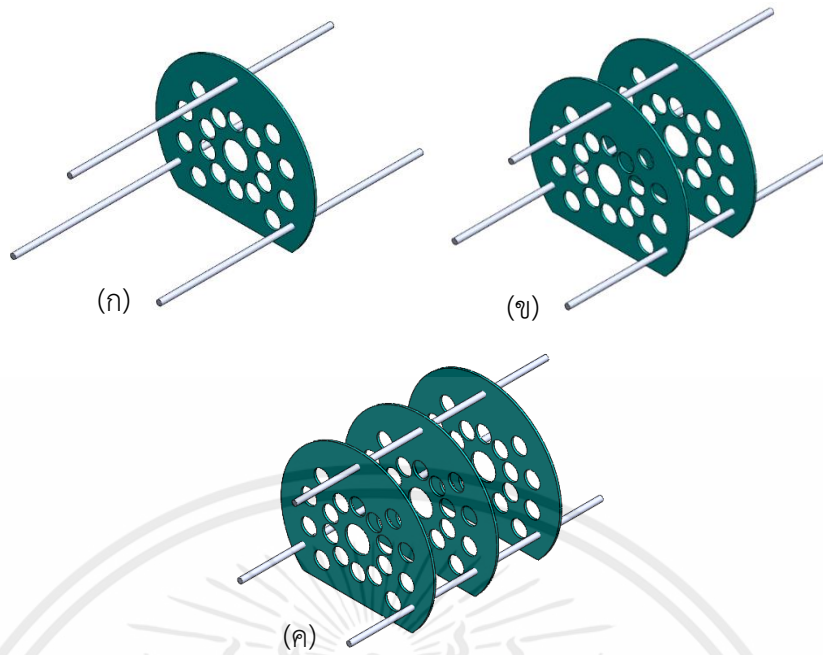


รูปที่ 25 แผ่นกั้น C0 (ก) 1 แผ่น (ข) 2 แผ่น (ค) 3 แผ่น



รูปที่ 26 แผ่นกั้น C10 (ก) 1 แผ่น (ข) 2 แผ่น (ค) 3 แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 27 แผ่นกัน C18 (ก) 1 แผ่น (ข) 2 แผ่น (ค) 3 แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

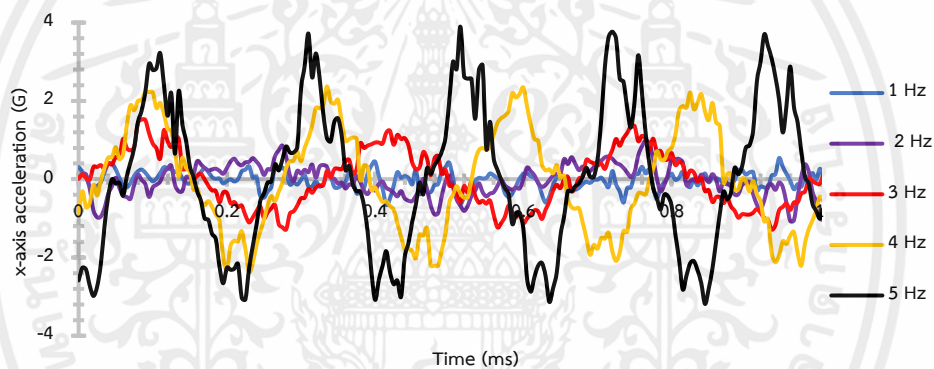
บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

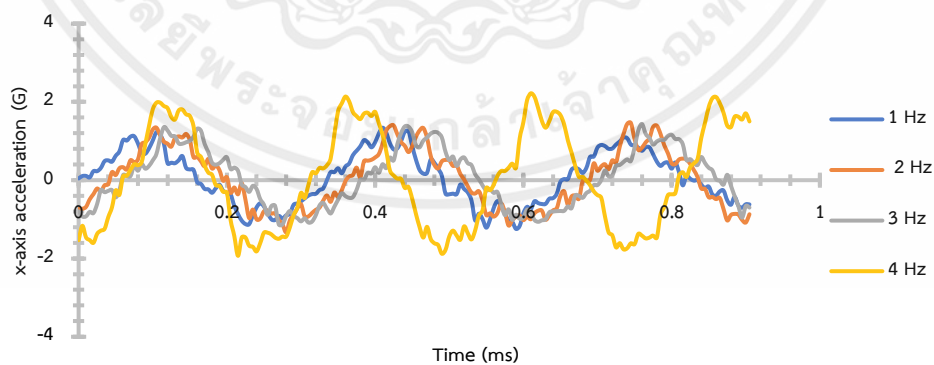
ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดสอบลดการเคลื่อนที่อย่างอิสระของน้ำในถังบรรจุ โดยทดสอบ ทั้งถังเปล่าและมีปริมาตร 25%, 50%, และ 75% เพื่อหาแนวทางในการลดการเคลื่อนที่ของน้ำในถังบรรจุ โดยทดสอบหาค่าอัตราเร่งของแผ่นกั้นและเปรียบเทียบผลของแผ่นกั้น

4.1 ผลของการเคลื่อนที่ของน้ำในถังบรรจุกรณีไม่มีแผ่นกั้น

จากการทดลองไม่ติดแผ่นกั้นในภาชนะบรรจุ เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงของระดับน้ำที่ศึกษา ได้แก่ 25%, 50%, และ 75% ของปริมาตรถัง ได้ผลดังรูปที่ 4.1 – 4.3

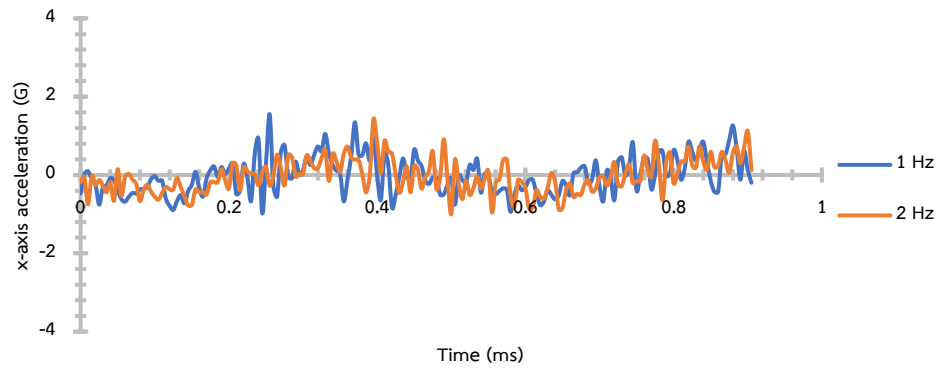


รูปที่ 4.1 อัตราเร่งแกน x เมื่อถังบรรจุน้ำ 25% และไม่มีแผ่นกั้น



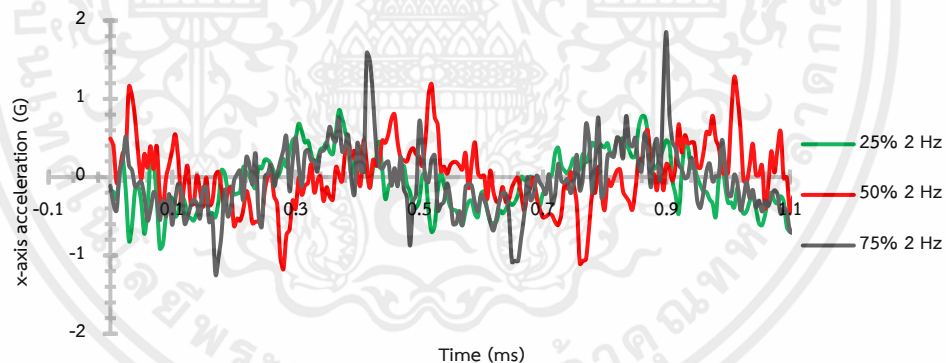
รูปที่ 4.2 อัตราเร่งแกน x เมื่อถังบรรจุน้ำ 50% และไม่มีแผ่นกั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 อัตราเร่งแกน x เมื่อถึงบรรจุน้ำ 75% และไม่มีแผ่นกั้น

จากรูปที่ 4.1 – 4.3 พบว่าอัตราเร่งในแนวแกน x จะแปรผันตามปริมาตรของเหลวในถังบรรจุ ถ้า ปริมาตรน้ำน้อยจะมีค่าอัตราเร่งที่สูงกว่าระดับน้ำมาก เนื่องจากมวลของน้ำส่งผลต่อความถี่ เมื่อ พิจารณารูปที่ 4.1 เป็นผลของระดับน้ำ 25% ของถังบรรจุ ซึ่งจะเห็นว่าช่วงการแกว่งของอัตราเร่งจะ กว้าง และอัตราเร่งจะมีค่าสูงตามความถี่ที่กำหนดให้ ที่ระดับน้ำ 50% (รูปที่ 4.2) ค่าอัตราเร่งในช่วง ความถี่ 1-3 Hz มีลักษณะแนวโน้มคล้ายกัน ในขณะที่ระดับน้ำ 75% (รูปที่ 4.3) ค่าอัตราเร่งใน แนวแกน x จะมีค่าน้อยกว่า 25% อย่างมาก และลักษณะการแกว่งของอัตราเร่งจะสมำเสมอ จากนั้น นำอัตราเร่งในแนวแกน x ของถัง 3 ระดับน้ำมาพิจารณาในรูปที่ 4.4

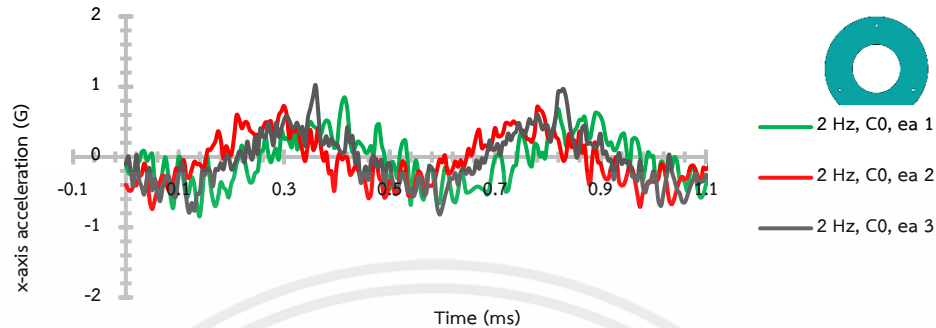


รูปที่ 4.4 อัตราเร่งที่ความถี่เดียวกัน แต่ระดับน้ำในถังบรรจุต่างกัน

จากรูปที่ 4.4 เป็นภาพแสดงการเปรียบเทียบอัตราเร่งที่เกิดขึ้นเมื่อให้ความถี่ 2 Hz เนื่องจากความถี่ ในระดับนี้ไม่ทำให้โต๊ะปรับระดับเคลื่อนที่ตามทิศทางการสั่นของชุดทดลอง ซึ่งจากค่าสูงสุดของอัตรา เร่งที่น้ำระดับ 25% และ 75% ของถังบรรจุ เมื่อเทียบกับปริมาตร 50% พบว่ามีค่าความแตกต่าง ประมาณ 18 - 19% โดยอัตราเร่งที่ 75% จะมีค่าสูงกว่าที่ระดับน้ำอื่น

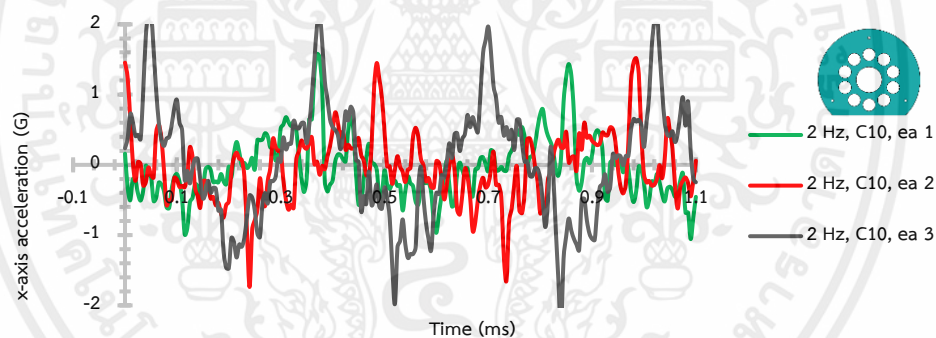
4.2 ผลของการเคลื่อนที่ของน้ำในถังบรรจุกรณีมีแผ่นกั้น

ในการทดลองได้ติดตั้งแผ่นกั้น C0, C10 และ C18 จำนวน 1-3 แผ่น ทดลองในถังที่บรรจุน้ำ 25%, 50% และ 75% ด้วยความถี่ 1-5 Hz ได้ผลดังรูปต่อไปนี้



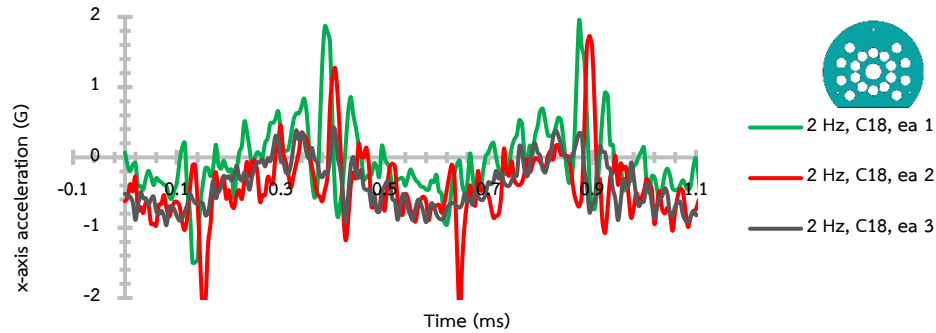
รูปที่ 4.5 อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 25% มีแผ่นกั้น C0

จากรูปที่ 4.5 แสดงค่าอัตราเร่งในแนวแกน x ที่เกิดขึ้นพบว่าแนวโน้มใกล้เคียงกัน ไม่ว่าจะติดตั้งแผ่นกั้นกี่แผ่นก็ตาม เนื่องจากปริมาณน้ำต่ำกว่าระดับที่พิจารณาของแผ่นกั้นทำให้น้ำไม่ไหลผ่านส่วนที่ต้องการศึกษา และใกล้เคียงกับผลของกรณีไม่มีแผ่นกั้น



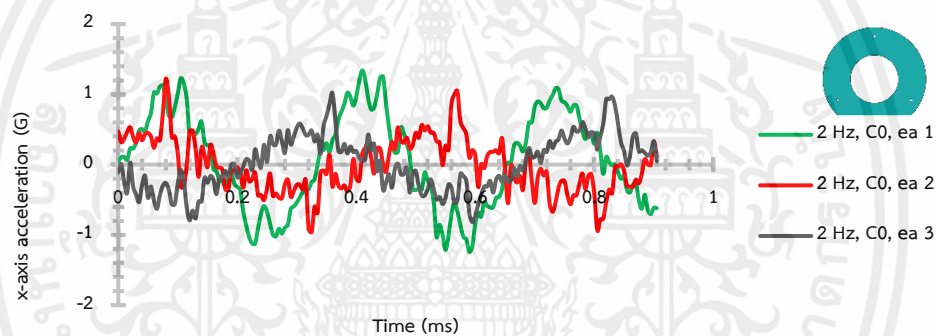
รูปที่ 4.6 อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 25% มีแผ่นกั้น C10

จากรูปที่ 4.6 เมื่อเปลี่ยนเป็นแผ่นกั้น C10 พบว่าอัตราเร่งในแนวแกน x มีค่ามากกว่า C0 เนื่องจากน้ำที่โดนกระตุ้นให้เคลื่อนที่ด้วยความถี่จะเกิดการกระทบไหลผ่านรูด้านล่าง center hole โดยความแตกต่างของการติดตั้งแผ่นกั้นกับถังที่ไม่มีแผ่นกั้นที่ 1 แผ่น คิดความต่างได้ 27.31% ที่ 2 แผ่นเป็น 63.94% และที่ 3 แผ่นคิดเป็น 42.83%



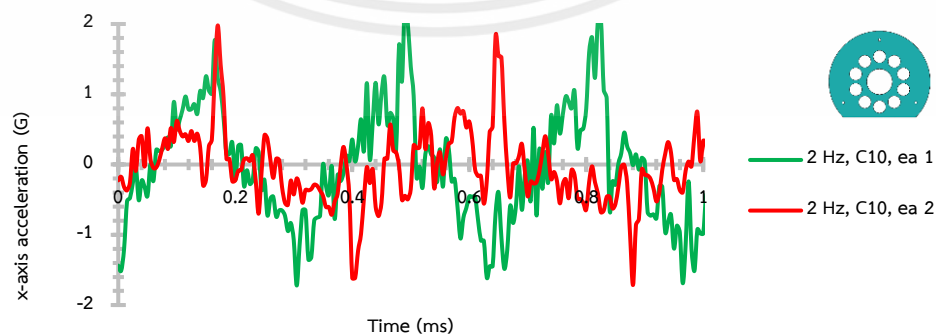
รูปที่ 4.7 อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 25% มีแผ่นกั้น C18

จากรูปที่ 4.7 เป็นการติดตั้ง C18 พบว่าน้ำที่โดนกั้นด้วยแผ่นกั้น 1 ea จะมีระยะการเคลื่อนที่ของน้ำมากกว่าการใช้แผ่นกั้น 3 ea เมื่อให้ความถี่น้ำจะเกิดไหลผ่านรูบริเวณโดยรอบ center hole โดยแรงที่กระทำของน้ำที่มีระยะมากทำให้อัตราเร่งเกิดสูงขึ้นเมื่อน้ำไปกระทบแผ่นกั้น ในขณะที่ระยะห่างของน้ำช่วงของการเคลื่อนที่น้อย ทำให้เกิดแรงการกระเพื่อมน้อยส่งผลให้อัตราเร่งต่ำกว่า



รูปที่ 4.8 อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 50% มีแผ่นกั้น C0

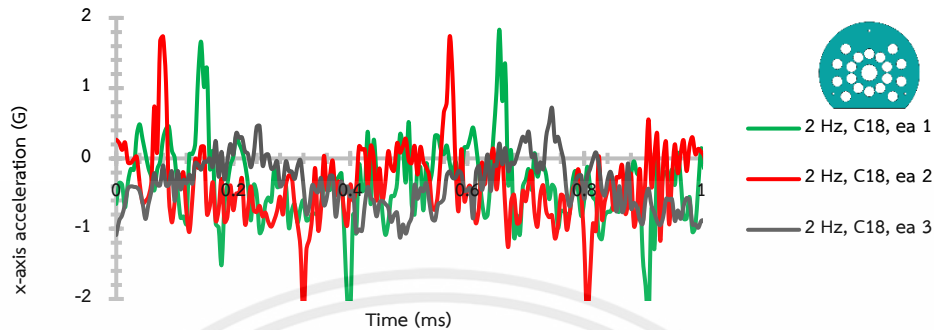
จากรูปที่ 4.8 แสดงค่าอัตราเร่งในแนวแกน x ที่เกิดขึ้นพบว่าแบบ 1, 2 แผ่นกั้น มีช่วงการแกว่งของอัตราเร่งที่ใกล้เคียงกัน และแผ่นกั้นแบบ 3 แผ่น มีระยะการเคลื่อนที่ของน้ำสั้นลงและน้ำไหลผ่านรูทำให้แรงที่เกิดกระทบแผ่นกั้นน้อยลง



รูปที่ 4.9 อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 50% มีแผ่นกั้น C10

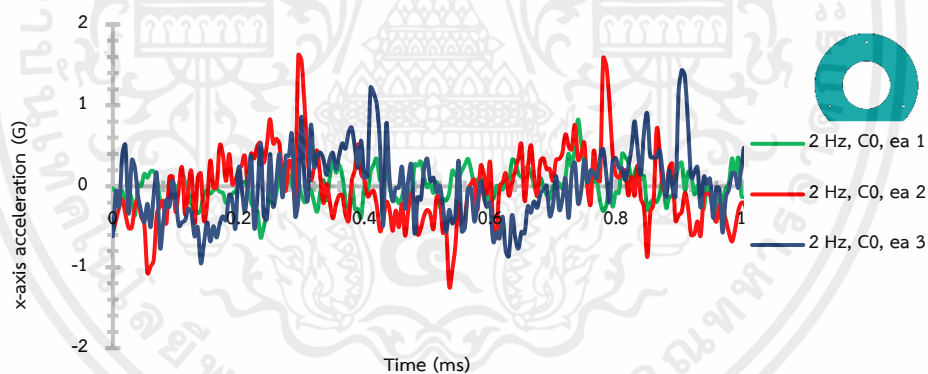
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 จากผลการทดลองข้อมูลของแผ่นกั้นแบบ 3 แผ่นมีข้อมูลผิดพลาด ซึ่งไม่สามารถสรุปผลได้ สามารถสรุปได้ว่าแผ่นกั้นแบบ 1 แผ่นมีแรงกระทบแผ่นกั้นมากกว่าแผ่นกั้นแบบ 2 แผ่น เนื่องจากมวลของน้ำและระยะการเคลื่อนที่ของน้ำที่กระทำต่อแผ่นกั้น



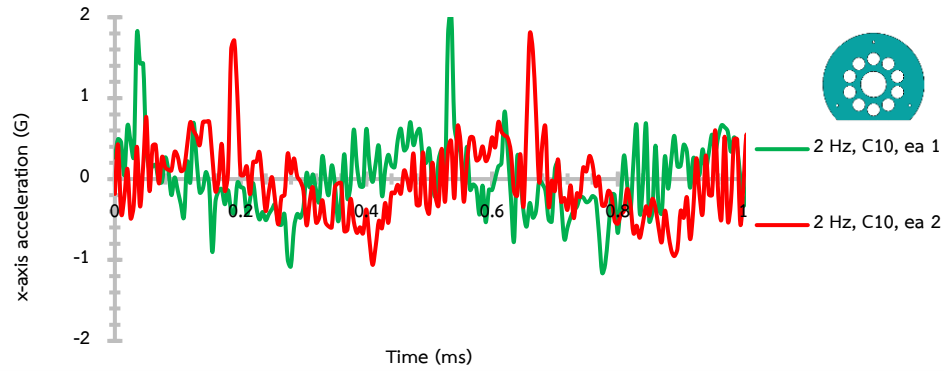
รูปที่ 4.10 อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 50% มีแผ่นกั้น C18

จากรูปที่ 4.10 จากผลการทดลองแผ่นกั้นแบบ 1 แผ่น มีแรงกระทบมากกว่าแผ่นกั้นแบบ 2 และ 3 แผ่น เนื่องจากระยะการเคลื่อนที่ของน้ำส่งผลให้เกิดแรงกระทบมากขึ้น แต่แผ่นกั้นแบบ 3 แผ่นระดับการกระเพื่อมและแรงที่กระทำของน้ำในถังลดลงตามจำนวนแผ่นกั้นที่ใส่ลง โดยเนื่องจากระยะการเคลื่อนที่ของน้ำน้อยลงและน้ำที่กระทบแผ่นกั้นไหลผ่านรูด้านข้างช่วยให้เกิดแรงกระทบน้อยลง



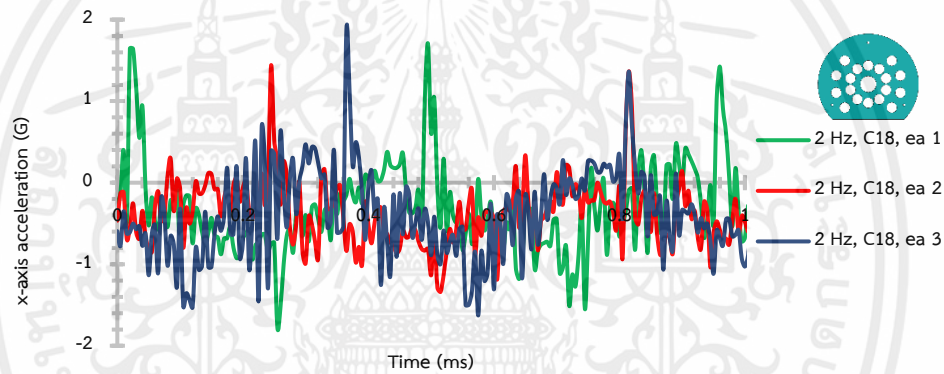
รูปที่ 4.11 อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 75% มีแผ่นกั้น C0

จากรูปที่ 4.11 จากผลการทดลองจะพบว่าน้ำที่ระดับ 75% มวลของน้ำส่งผลให้อัตราเร่งที่เกิดลดลง และช่วงของการแกว่งของอัตราเร่งเพิ่มขึ้น แผ่นกั้นแบบ 1 แผ่น จะเห็นว่าอัตราเร่งน้อยกว่าแผ่นกั้นแบบ 2 และ 3 แผ่นและการแกว่งของอัตราเร่งเพิ่มขึ้น ตามจำนวนแผ่นกั้นที่ใส่ เป็นผลมาจากมวลของน้ำ



รูปที่ 4.12 อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 75% มีแผ่นกั้น C10

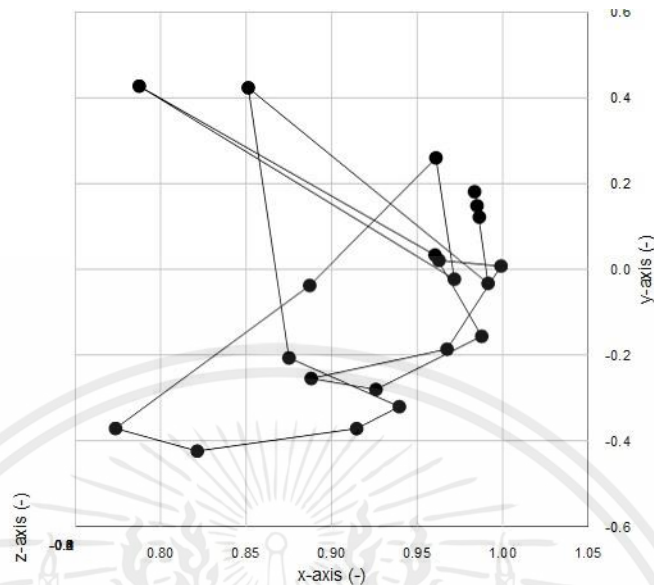
จากรูปที่ 4.12 จากผลการทดลองข้อมูลของแผ่นกั้นแบบ 3 แผ่นมีข้อมูลผิดพลาด ซึ่งไม่สามารถสรุปผลได้ มวลของน้ำส่งผลให้แผ่นกั้นแบบ 1 และ 2 แผ่น มีช่วงการแกว่งของอัตราเร่งที่สูงขึ้นและมีค่าอัตราเร่งที่ไม่แตกต่างกันมากนัก



รูปที่ 4.13 อัตราเร่งที่เกิดขึ้นในถังที่บรรจุน้ำ 75% มีแผ่นกั้น C18

จากรูปที่ 4.13 จากผลการทดลองพบว่าอัตราเร่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากมวลของน้ำที่มากส่งผลให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำลดลง แผ่นกั้นแบบ 1 และ 2 แผ่น มีการกระเพื่อมของน้ำและแรงที่กระทำมากกว่าแบบ 3 แผ่น สังเกตจากการแกว่งของแบบ 3 แผ่น มีการกระเพื่อมของน้ำน้อยกว่าเนื่องจากระยะการเคลื่อนที่ของน้ำน้อย มีช่วงการแกว่งที่แคบลง

4.3 ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำภายในภาชนะบรรจุ



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงทิศทางในการสั่นของอัตราเร่ง

จากการวัดอัตราเร่งของการสั่นของน้ำในถังบรรจุเหลวในช่วงเวลาที่แกว่งไปและกลับ ผลลัพธ์จะแสดงทิศทางเคลื่อนที่ของเวกเตอร์การสั่นของน้ำ รูปที่ 4.14 แสดงแนวโน้มของการเคลื่อนที่ของน้ำในถังบรรจุเหลวตามเวลาและทิศทางเคลื่อนที่ที่สามารถสังเกตได้ว่าน้ำมีการเคลื่อนที่ที่สู่อัตราเร่งของแกน x เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจเกิดจากแรงกระทำจากการแกว่งหรือเขย่าของถังบรรจุ เรียกว่าแรงกระเพื่อมของของเหลว (sloshing force) ยังมีบางส่วนของน้ำที่เคลื่อนที่ในทิศทางแกน Y และ Z ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น การสั่นสะเทือนหรือการกระแทก ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกพิจารณากราฟในแนวแกน x เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแผ่นกั้น C0, C10, C18 จำนวน 1, 2 และ 3 แผ่น ทดลองที่ปริมาตรน้ำ 25%, 50%, และ 75% โดยกำหนดความถี่ 1-5 Hz สรุปได้ว่าการทดลองที่ระดับ 25% แผ่นกั้น C0, C10, และ C18 จำนวน 1, 2, และ 3 แผ่น พบว่าไม่มีผลเพราะระดับน้ำไม่ถึงพื้นที่ของแผ่นกั้นที่ศึกษา, ที่ระดับน้ำ 50% แผ่นกั้น C0, C10, และ C18 จำนวน 1 แผ่น พบว่าแผ่นกั้น C0 ในระดับน้ำ 50% สามารถลดการกระเพื่อมของน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำได้ดีกว่า C10, C18 แบบ 1 แผ่น, แผ่นกั้น C0, C10, และ C18 จำนวน 2 แผ่น พบว่าแผ่นกั้น C18 ในระดับน้ำ 50% สามารถลดการกระเพื่อมของน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำได้ดีกว่า C0, C10 แบบ 2 แผ่น, แผ่นกั้น C0, C10, และ C18 จำนวน 3 แผ่น พบว่าแผ่นกั้น C18 ในระดับน้ำ 50% สามารถลดการกระเพื่อมของน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำได้ดีกว่า C0, C10 แบบ 3 แผ่น, ที่ระดับน้ำ 75% แผ่นกั้น C0, C10, และ C18 จำนวน 1 แผ่น พบว่าแผ่นกั้น C0 ในระดับน้ำ 75% สามารถลดการกระเพื่อมของน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำได้ดีกว่า C10, C18 แบบ 1 แผ่น, แผ่นกั้น C0, C10, และ C18 จำนวน 2 แผ่น พบว่าแผ่นกั้น C18 ในระดับน้ำ 75% สามารถลดการกระเพื่อมของน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำได้ดีกว่า C0, C10 แบบ 2 แผ่น, แผ่นกั้น C0, C10, และ C18 จำนวน 3 แผ่น พบว่าแผ่นกั้น C18 ในระดับน้ำ 75% สามารถลดการกระเพื่อมของน้ำและการเคลื่อนที่ของน้ำได้ดีกว่า C0, C10 แบบ 3 แผ่น, ดังนั้นสรุปได้ว่าจากผลการทดลองแผ่นกั้นทั้ง 3 แบบ แผ่นกั้น C18 แผ่นกั้นที่มีรูกลางและรูข้าง ๆ 18 รู แบบ 3 แผ่น ลดการกระเพื่อมของน้ำและลดการเคลื่อนที่ของน้ำของน้ำในถังบรรจุได้ดีกว่าแบบอื่น เนื่องค่าอัตราเร่งที่ได้ในแนวแกน x ต่ำ และทิศทางการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในถังบรรจุเคลื่อนที่ไปตามแรงที่กระทำของชุดทดลองในแนวแกน x มากกว่าแกน y และแกน z

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 ฝาปิดถังรั่วซึมและซิลิโคนแห้งช้า

5.2.2 โตะปรับระดับเมื่อทดลองค่า 3-5 Hz มีการเคลื่อนที่ตามแรงเหวี่ยงของมอเตอร์

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เปลี่ยนตัวซีพพอร์ตถังและแผ่นรองรับถัง

5.3.2 ปรับปรุงฝาปิดถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] K.A. Stroud, Dexter J. Booth. (2012). **Advanced Engineering Mathematics**.
เข้าถึงเมื่อ 6 มิถุนาคม 2566. เข้าถึงได้จาก
<https://www.se-ed.com/product/Advanced-Engineering-Mathematics-5ED>
- [2] Panigrahy, P. K., U. K. Saha, and D. Maity. (2009). "Experimental studies on sloshing behavior due to horizontal movement of liquids in baffled tanks." **Ocean engineering** 36.3-4: 213-222.
- [3] Xue, Mi-An, and Pengzhi Lin. (2011). "Numerical study of ring baffle effects on reducing violent liquid sloshing." **Computers & Fluids** 52: 116-129.
- [4] Wang, Lizhu, Min Xu, and Qian Zhang. (2021). "Numerical investigation of shallow liquid sloshing in a baffled tank and the associated damping effect by BM-MPS method." **Journal of Marine Science and Engineering** 9.10: 1110.
- [5] Ibrahim, Raouf A. (2005). "Liquid sloshing dynamics: theory and applications." **Cambridge University Press**.
- [6] Agresta, Antonio, et al. (2021). "Effect of bottom geometry on the natural sloshing motion of water inside tanks: an experimental analysis." **Applied Sciences** 11.2: 605.
- [7] ก้อง อุทัยภาส, วรารักษ์รัตน์ จันทสาโร (2545). **Software development for flows past an obstacle** ปีที่ 16 ฉบับที่ 48 หน้า 45-53 เข้าถึงเมื่อ 16 มิถุนาคม 2566. เข้าถึงได้จาก https://kukrdb.lib.ku.ac.th/journal/index.php?/ENGJ/search_detail/result
- [8] Strand, Ida M., and Odd M. Faltinsen (2017) "Linear sloshing in a 2D rectangular tank with a flexible sidewall." **Journal of Fluids and Structures** 73: 70-81
- [9] Siraye et al. (2023). "An Analysis of Fuel Oil Sloshing in Partially Filled Cargo Tanker Trucks under Cornering Conditions Using Various Baffle Systems." **Journal of Engineering** 2023.
- [10] Qin, Hao, et al. (2019) "Numerical study on structural response of anti-sloshing baffles of different configurations in a sloshing tank considering hydroelasticity." **Ocean Engineering** 188: 106290.
- [11] Xue, Mi-an, et al. (2013). "Effects of perforated baffle on reducing sloshing in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rectangular tank: experimental and numerical study." **China Ocean Engineering** 27.5 615-628.

[12] Eswaran, M., and Ujjwal K. Saha. (2011). "Sloshing of liquids in partially filled tanks-a review of experimental investigations." **Ocean Systems Engineering** 1.2 : 131-155.

[13] Hasheminejad, et al. (2012). "Sloshing characteristics in half-full horizontal elliptical tanks with vertical baffles." **Applied Mathematical Modelling** 36.1 : 57-71.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เพียงพอ																
Acceleration (G)																
level (%)	frequency (Hz)	x axis					y axis					z axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0	min	0.732	0.795	1.297	2.054	2.054	0.491	-0.553	0.534	0.739	6.145	0.595	0.771	-0.685	0.894	3.665
	max	0.759	0.932	1.557	2.374	2.374	0.430	0.485	0.365	0.570	3.878	0.608	0.852	0.833	0.970	3.817
	average	0.001	0.001	0.003	0.009	0.009	0.056	0.057	0.065	0.067	0.012	0.003	0.002	0.003	0.005	0.073
	peak	1.482	1.727	2.854	4.428	4.428	0.921	1.038	0.899	1.309	10.023	1.203	1.623	1.518	1.864	7.482
	min	0.832	1.252	1.585	2.663	3.914	0.673	0.816	1.045	1.281	1.370	0.629	0.669	0.660	0.704	1.207
25	max	0.721	1.024	1.911	3.016	4.601	0.667	0.648	1.054	1.093	1.306	0.688	0.884	0.834	0.826	1.287
	average	0.021	0.021	0.023	0.022	0.026	0.014	0.012	0.012	0.014	0.015	0.002	0.002	0.004	0.001	0.003
	peak	1.553	2.274	3.496	5.679	8.515	1.340	1.464	2.099	2.374	2.676	1.317	1.553	1.494	1.530	2.494
	min	1.245	1.331	1.297	2.054	0.000	0.351	0.526	0.534	0.739	0.000	0.563	0.685	0.724	0.894	0.000
	max	1.341	1.462	1.557	2.374	0.000	0.380	0.345	0.399	0.570	0.000	0.455	0.742	0.833	0.970	0.000
50	average	0.041	0.017	0.007	0.001	0.000	0.063	0.064	0.064	0.067	0.000	0.002	0.001	0.003	0.005	0.000
	peak	2.586	2.793	2.854	4.428	0.000	0.731	0.871	0.933	1.309	0.000	1.018	1.427	1.557	1.864	0.000
	min	1.151	1.226	0.000	0.000	0.000	0.766	0.967	0.000	0.000	0.000	0.633	0.637	0.000	0.000	0.000
	max	1.859	2.105	0.000	0.000	0.000	0.764	0.663	0.000	0.000	0.000	0.644	0.743	0.000	0.000	0.000
	average	0.019	0.023	0.000	0.000	0.000	0.027	0.031	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
75	peak	3.010	3.331	0.000	0.000	0.000	1.530	1.630	0.000	0.000	0.000	1.277	1.380	0.000	0.000	0.000
	min	1.591	1.914	3.780	0.000	0.000	0.387	0.449	2.634	0.000	1.263	1.303	0.336	0.000	0.000	
	max	0.944	1.687	2.880	0.000	0.000	0.919	1.057	2.956	0.000	2.754	2.516	5.552	0.000	0.000	
	average	0.362	0.337	0.365	0.000	0.000	0.296	0.296	0.292	0.000	0.000	1.864	1.862	1.863	0.000	0.000
	peak	2.535	3.601	6.618	0.000	0.000	1.306	1.506	5.590	0.000	1.491	1.213	3.216	0.000	0.000	
100	min	1.591	1.914	3.780	0.000	0.000	0.387	0.449	2.634	0.000	1.263	1.303	0.336	0.000	0.000	
	max	0.944	1.687	2.880	0.000	0.000	0.919	1.057	2.956	0.000	2.754	2.516	5.552	0.000	0.000	
	average	0.362	0.337	0.365	0.000	0.000	0.296	0.296	0.292	0.000	0.000	1.864	1.862	1.863	0.000	0.000
	peak	2.535	3.601	6.618	0.000	0.000	1.306	1.506	5.590	0.000	1.491	1.213	3.216	0.000	0.000	
	min	1.591	1.914	3.780	0.000	0.000	0.387	0.449	2.634	0.000	1.263	1.303	0.336	0.000	0.000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Central hole (C0) 1 มม.																
Acceleration (G)																
level	frequency (Hz)	x-axis					y-axis					z-axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	min	-0.641	-0.966	-1.722	-2.732	-3.567	-0.495	-0.767	-0.899	-1.058	-1.058	-0.595	-0.771	-0.685	-0.894	-3.665
	max	0.606	1.117	1.560	2.743	4.547	0.453	0.697	0.918	0.949	0.949	0.608	0.852	0.833	0.970	3.817
	average	-0.009	-0.010	-0.014	-0.008	-0.010	-0.024	-0.022	-0.023	-0.023	-0.023	-0.003	0.002	-0.003	-0.005	-0.073
	peak	1.247	2.083	3.282	5.475	8.114	0.948	1.464	1.817	2.007	2.007	1.203	1.623	1.518	1.864	7.482
50	min	-0.746	-1.431	-1.885	-2.796	0.000	-0.743	-0.918	-1.170	-1.170	0.000	-0.471	-0.562	-0.566	-0.803	0.000
	max	0.792	1.570	1.832	3.234	0.000	0.549	0.813	0.914	0.914	0.000	0.443	0.589	0.696	1.015	0.000
	average	-0.006	-0.010	-0.012	-0.003	0.000	-0.057	-0.059	-0.062	-0.062	0.000	-0.004	0.006	-0.002	-0.010	0.000
	peak	1.538	3.001	3.717	6.030	0.000	1.292	1.731	2.084	2.084	0.000	0.914	1.151	1.262	1.818	0.000
75	min	-0.879	-1.321	0.000	0.000	0.000	-0.647	-1.085	0.000	0.000	0.000	-0.365	-0.712	0.000	0.000	0.000
	max	0.969	1.854	0.000	0.000	0.000	0.538	0.980	0.000	0.000	0.000	0.435	0.960	0.000	0.000	0.000
	average	-0.006	-0.008	0.000	0.000	0.000	-0.055	-0.056	0.000	0.000	0.000	-0.004	0.001	0.000	0.000	0.000
	peak	1.848	3.175	0.000	0.000	0.000	1.185	2.065	0.000	0.000	0.000	0.800	1.672	0.000	0.000	0.000

Central hole (C0) 2 มม.																
Acceleration (G)																
level (%)	frequency (Hz)	x-axis					y-axis					z-axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	min	0.447	1.014	1.669	2.414	3.922	0.449	0.499	0.670	0.790	1.026	0.286	0.412	0.468	0.688	1.278
	max	0.451	1.034	1.495	2.720	3.839	0.414	0.480	0.697	0.709	0.829	0.282	0.510	0.518	0.791	1.484
	average	0.004	0.005	0.004	0.011	0.003	0.026	0.026	0.025	0.036	0.016	0.002	0.002	0.002	0.004	0.008
	peak	0.898	2.048	3.164	5.134	7.761	0.863	0.979	1.347	1.503	1.855	0.568	0.922	0.896	1.479	2.762
50	min	0.584	1.129	1.650	2.879	0.000	0.558	0.817	0.883	1.355	0.000	0.361	0.518	0.435	0.881	0.000
	max	0.671	1.298	1.786	3.143	0.000	0.655	0.895	0.805	1.248	0.000	0.388	0.526	0.522	1.157	0.000
	average	0.003	0.004	0.005	0.001	0.000	0.011	0.012	0.013	0.018	0.000	0.002	0.001	0.001	0.006	0.000
	peak	1.255	2.427	3.436	6.022	0.000	1.213	1.712	1.688	2.603	0.000	0.749	1.044	0.957	2.038	0.000
75	min	0.568	1.030	0.000	0.000	0.000	0.608	0.751	0.000	0.000	0.000	0.373	0.495	0.000	0.000	0.000
	max	0.806	1.419	0.000	0.000	0.000	0.542	0.639	0.000	0.000	0.000	0.353	0.459	0.000	0.000	0.000
	average	0.002	0.006	0.000	0.000	0.000	0.044	0.044	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
	peak	1.374	2.449	0.000	0.000	0.000	1.150	1.390	0.000	0.000	0.000	0.726	0.954	0.000	0.000	0.000

Central hole (C0) 3 มม.																
Acceleration (G)																
level (%)	frequency (Hz)	x-axis					y-axis					z-axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	min	0.442	1.055	1.460	2.556	2.556	0.439	0.431	0.698	0.903	0.903	0.501	0.532	0.658	1.197	1.197
	max	0.528	1.111	1.787	2.725	2.725	0.414	0.552	0.793	0.987	0.987	0.520	0.555	0.690	0.930	0.930
	average	0.003	0.002	0.003	0.005	0.005	0.006	0.007	0.006	0.009	0.009	0.000	0.001	0.004	0.006	0.006
	peak	0.970	2.166	3.247	5.281	5.281	0.871	0.983	1.491	1.890	1.890	1.021	1.087	1.348	2.127	2.127
50	min	0.858	2.326	2.814	5.612	0.000	0.593	1.175	1.240	1.966	0.000	0.422	0.958	0.828	1.336	0.000
	max	1.299	2.854	3.289	4.461	0.000	0.716	0.843	0.832	1.963	0.000	0.473	0.926	0.918	2.125	0.000
	average	0.001	0.009	0.003	0.008	0.000	0.020	0.019	0.015	0.028	0.000	0.002	0.002	0.001	0.014	0.000
	peak	2.157	5.180	6.103	10.073	0.000	1.309	2.018	2.072	3.929	0.000	0.895	1.884	1.746	3.461	0.000
75	min	0.833	-1.133	0.000	0.000	0.000	0.487	0.883	0.000	0.000	0.000	0.424	0.578	0.000	0.000	0.000
	max	0.925	1.578	0.000	0.000	0.000	0.507	0.852	0.000	0.000	0.000	0.463	0.758	0.000	0.000	0.000
	average	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.023	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000
	peak	1.758	2.711	0.000	0.000	0.000	0.994	1.735	0.000	0.000	0.000	0.887	1.336	0.000	0.000	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Central hole (C10) 1 เมตร																
Acceleration (G)																
level (%)	frequency (Hz)	x-axis					y-axis					z-axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	min	-0.837	-1.268	-2.198	-2.773	-6.422	-0.600	-0.647	-0.713	-1.019	-1.550	-0.464	-0.640	-0.688	-0.944	-2.067
	max	0.776	1.627	2.191	3.472	4.595	0.496	0.732	0.876	1.185	1.945	0.471	0.928	0.857	0.995	2.679
	average	-0.007	-0.009	-0.011	-0.011	-0.003	-0.039	-0.039	-0.039	-0.037	-0.041	0.000	0.001	0.001	-0.001	-0.013
	peak	1.613	2.895	4.389	6.245	11.017	1.096	0.001	1.545	2.204	3.495	0.935	1.568	1.545	1.939	4.746
50	min	-1.476	-2.498	-2.425	-3.386	0.000	-1.030	-1.042	-1.093	-1.798	0.000	-0.795	-0.601	-0.708	-0.948	0.000
	max	1.983	2.178	2.459	3.734	0.000	1.177	0.929	1.023	1.960	0.000	0.778	0.849	0.960	1.926	0.000
	average	-0.004	-0.002	-0.011	-0.001	0.000	-0.037	-0.031	-0.049	-0.042	0.000	0.000	-0.002	-0.005	-0.004	0.000
	peak	3.459	4.976	4.884	7.120	0.000	2.207	1.971	2.116	3.758	0.000	1.573	1.450	1.668	2.874	0.000
75	min	-0.928	-1.329	0.000	0.000	0.000	-0.739	-1.096	0.000	0.000	0.000	-0.420	-0.673	0.000	0.000	0.000
	max	1.086	2.256	0.000	0.000	0.000	0.775	1.236	0.000	0.000	0.000	0.427	1.093	0.000	0.000	0.000
	average	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	-0.014	-0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	peak	2.014	3.585	0.000	0.000	0.000	1.514	2.332	0.000	0.000	0.000	0.847	1.766	0.000	0.000	0.000

Central hole (C10) 2 เมตร																
Acceleration (G)																
level (%)	frequency (Hz)	x-axis					y-axis					z-axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	min	-0.968	-2.092	-2.766	-3.913	-5.268	-0.272	-0.432	-0.634	-1.126	-1.180	-0.442	-0.747	-0.953	-1.024	-1.964
	max	0.782	1.636	2.286	3.675	4.942	0.776	0.902	1.280	1.754	1.222	0.494	0.740	0.915	1.311	1.910
	average	-0.043	-0.044	-0.049	-0.033	-0.027	0.222	0.224	0.228	0.233	0.229	0.035	0.032	0.033	0.029	0.024
	peak	1.750	3.728	5.052	8.029	10.210	1.048	1.334	1.914	2.980	2.402	0.936	1.487	1.868	2.335	3.874
50	min	-0.857	-2.062	-2.377	-2.248	0.000	-0.440	-1.080	-0.905	-1.542	0.000	-0.323	-0.608	-0.514	-0.712	0.000
	max	0.878	2.067	2.536	4.872	0.000	0.856	1.218	1.268	1.700	0.000	0.439	0.780	0.728	0.965	0.000
	average	-0.038	-0.037	-0.038	-0.037	0.000	0.204	0.201	0.197	0.195	0.000	0.034	0.033	0.031	0.025	0.000
	peak	1.735	4.129	4.913	8.320	0.000	1.269	2.298	2.173	3.242	0.000	0.762	1.388	1.242	1.677	0.000
75	min	-1.222	-1.311	-2.566	0.000	0.000	-0.486	-0.748	-1.428	0.000	0.000	-0.583	-0.680	-0.866	0.000	0.000
	max	1.478	1.979	2.598	0.000	0.000	0.970	1.239	1.612	0.000	0.000	0.827	1.077	1.029	0.000	0.000
	average	-0.036	-0.032	-0.032	0.000	0.000	0.233	0.230	0.231	0.000	0.000	0.032	0.033	0.032	0.000	0.000
	peak	2.700	3.290	5.164	0.000	0.000	1.456	2.028	3.040	0.000	0.000	1.380	1.757	1.895	0.000	0.000

Central hole (C10) 3 เมตร																
Acceleration (G)																
level (%)	frequency (Hz)	x-axis					y-axis					z-axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	min	-0.761	-1.392	-2.316	-3.597	-6.507	-0.230	-0.409	-0.706	-1.283	-2.401	-0.398	-0.585	-0.747	-0.973	-1.551
	max	0.735	1.856	2.367	3.137	5.627	0.666	1.009	1.090	2.050	4.774	0.478	0.668	0.890	1.918	3.108
	average	-0.036	-0.033	-0.035	-0.035	-0.030	0.202	0.203	0.209	0.201	0.526	0.033	0.032	0.033	0.031	-0.033
	peak	1.496	3.248	4.683	6.734	12.134	0.896	1.418	1.796	3.333	7.175	0.876	1.253	1.637	2.891	4.659
50	min	-0.864	-1.457	-2.831	-4.039	0.000	-0.594	-1.063	-1.003	-1.429	0.000	-0.398	0.324	0.170	-0.925	0.000
	max	0.825	2.063	2.633	3.492	0.000	0.641	1.083	1.091	1.317	0.000	0.412	1.851	1.753	1.352	0.000
	average	-0.002	-0.005	-0.006	-0.010	0.000	-0.003	-0.004	-0.004	0.093	0.000	0.000	0.995	0.995	-0.004	0.000
	peak	1.689	3.900	5.464	7.531	0.000	1.235	2.146	2.094	2.746	0.000	0.810	1.527	1.583	2.277	0.000
75	min	-1.180	-1.827	-2.585	0.000	0.000	-0.654	-0.830	-1.178	0.000	0.000	-0.519	-0.860	-1.256	0.000	0.000
	max	1.031	1.828	2.829	0.000	0.000	0.592	0.908	1.312	0.000	0.000	0.500	0.920	1.054	0.000	0.000
	average	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.004	0.003	0.000	0.000	0.000	-0.002	-0.001	-0.005	0.000	0.000
	peak	2.211	3.655	5.414	0.000	0.000	1.246	1.738	2.490	0.000	0.000	1.019	1.780	2.310	0.000	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Central hole (C18) 1 นิ้ว																
Acceleration (G)																
level (%)	frequency (Hz)	x-axis					y-axis					z-axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	min	-0.888	-1.603	-2.381	-3.524	-10.286	-0.766	-1.014	-0.972	-1.376	-2.833	-0.392	-0.587	-0.646	-1.232	-3.655
	max	0.970	2.083	2.340	3.714	4.722	0.652	0.896	0.966	1.080	3.788	0.456	0.920	0.646	1.257	6.405
	average	-0.007	-0.009	-0.005	-0.012	-0.005	-0.065	-0.065	-0.061	-0.023	-0.057	-0.005	-0.005	-0.005	-0.007	0.005
	peak	1.858	3.686	4.721	7.238	15.008	1.418	1.910	1.938	2.456	6.621	0.848	1.507	1.292	2.489	10.060
50	min	-1.661	-2.495	-2.630	-3.985	0.000	-0.441	-0.701	-1.067	-1.368	0.000	1.374	0.891	1.037	0.820	0.000
	max	0.914	2.245	2.422	3.761	0.000	1.057	1.285	1.411	2.304	0.000	2.437	2.949	2.945	3.535	0.000
	average	-0.352	-0.356	-0.348	-0.360	0.000	0.312	0.313	0.314	0.377	0.000	1.866	1.864	1.866	1.864	0.000
	peak	2.575	4.740	5.052	7.746	0.000	1.498	1.986	2.478	3.672	0.000	1.063	2.058	1.908	2.715	0.000
75	min	-1.580	-2.372	-3.276	0.000	0.000	-0.355	-0.793	-1.910	0.000	0.000	1.351	1.006	0.649	0.000	0.000
	max	0.991	2.353	2.461	0.000	0.000	0.874	1.565	2.144	0.000	0.000	2.612	2.758	3.540	0.000	0.000
	average	-0.353	-0.348	-0.349	0.000	0.000	0.291	0.288	0.287	0.000	0.000	1.863	1.860	1.861	0.000	0.000
	peak	2.751	4.725	5.737	0.000	0.000	1.227	2.358	4.054	0.000	0.000	1.261	1.752	2.891	0.000	0.000

Central hole (C18) 2 นิ้ว																
Acceleration (G)																
level (%)	frequency (Hz)	x-axis					y-axis					z-axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	min	-1.306	-2.661	-3.423	-4.562	-4.859	-0.171	-0.335	-0.587	-0.831	-1.574	1.449	1.116	0.875	0.566	0.590
	max	0.633	1.833	2.491	3.327	4.001	0.897	0.985	1.495	1.599	1.805	2.314	2.655	2.928	3.797	3.579
	average	-0.390	-0.584	-0.393	-0.389	-0.427	0.339	0.337	0.340	0.483	0.457	1.867	1.869	1.868	1.855	1.857
	peak	1.939	4.494	5.014	7.880	8.860	1.068	1.320	2.082	2.430	3.379	0.865	1.539	2.053	3.231	2.989
50	min	-1.699	-2.780	-3.615	-5.085	0.000	-0.533	-0.831	-0.777	-1.841	0.000	1.426	0.713	0.864	0.728	0.000
	max	0.718	2.261	2.380	3.985	0.000	1.087	1.401	1.507	2.564	0.000	2.271	2.691	2.751	3.686	0.000
	average	-0.387	-0.392	-0.397	-0.379	0.000	0.339	0.339	0.339	0.358	0.000	1.867	1.865	1.865	1.857	0.000
	peak	2.417	5.041	5.995	9.070	0.000	1.620	2.232	2.284	4.405	0.000	0.845	1.978	1.884	2.958	0.000
75	min	-1.568	-1.806	2.941	0.000	0.000	-0.453	-0.381	-1.128	0.000	0.000	1.351	1.168	0.958	0.000	0.000
	max	1.906	1.887	2.734	0.000	0.000	1.034	1.149	1.942	0.000	0.000	2.406	2.683	1.932	0.000	0.000
	average	0.407	-0.415	0.409	0.000	0.000	0.367	0.366	0.369	0.000	0.000	1.864	1.864	1.860	0.000	0.000
	peak	2.874	3.693	5.675	0.000	0.000	1.487	1.530	3.070	0.000	0.000	1.055	1.495	1.974	0.000	0.000

Central hole (C18) 3 นิ้ว																
Acceleration (G)																
level (%)	frequency (Hz)	x-axis					y-axis					z-axis				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	min	-0.906	-1.202	-1.918	-2.533	-4.496	-0.201	-0.285	-0.513	0.503	-1.444	1.525	1.474	1.322	1.108	0.470
	max	0.221	0.555	1.368	2.330	4.554	1.011	0.916	1.153	1.118	2.121	2.231	2.373	2.417	2.612	3.797
	average	-0.359	-0.362	-0.358	0.362	-0.395	0.295	0.293	0.293	0.343	0.417	1.866	1.866	1.863	1.865	1.854
	peak	1.127	1.757	3.286	4.863	9.050	1.212	1.201	1.666	1.621	3.565	0.706	0.899	1.095	1.504	3.327
50	min	-0.825	-1.279	-2.626	-4.269	0.000	-0.300	-0.285	-0.659	-4.269	0.000	1.569	1.343	1.272	-4.269	0.000
	max	0.248	0.925	1.899	2.753	0.000	0.863	1.259	1.259	2.753	0.000	2.203	2.326	2.477	2.753	0.000
	average	-0.356	-0.355	-0.350	-0.686	0.000	0.321	0.320	0.321	-0.686	0.000	1.866	1.865	1.866	-0.686	0.000
	peak	1.073	2.204	4.525	7.022	0.000	1.163	1.544	1.918	7.022	0.000	0.634	0.983	1.205	7.022	0.000
75	min	-1.479	-1.933	-3.264	0.000	0.000	-0.335	-0.697	-1.708	0.000	0.000	-0.335	1.191	0.728	0.000	0.000
	max	0.999	2.079	2.703	0.000	0.000	0.981	1.111	2.033	0.000	0.000	0.981	2.734	3.012	0.000	0.000
	average	-0.374	0.349	-0.342	0.000	0.000	0.291	0.283	0.304	0.000	0.000	0.291	1.864	1.857	0.000	0.000
	peak	2.478	4.012	5.967	0.000	0.000	1.316	1.803	3.741	0.000	0.000	1.316	1.543	2.284	0.000	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล จักรกฤษณ์ กองไชย
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2544
 ภูมิลำเนา จังหวัดปราจีนบุรี
 ที่อยู่ 4/1 ตำบลหนองกึ่ง อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัด
 ปราจีนบุรี 25110
 E-mail batter1942544@gmail.com

- ประวัติการศึกษา - สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2562 จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กบินทร์บุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
- ผลงานและกิจกรรม - ประสบการณ์ฝึกงานระยะเวลา 2 เดือน โรงงาน โอเซียนกลาส จำกัด (มหาชน) จังหวัด 365-365/1 นิคมอุตสาหกรรมบา ถ. สุขุมวิท ตำบล แพรกษา อำเภ เมืองสมุทรปราการ จังหวัด สมุทรปราการ 10280 แผนก Mechanical Maintenance Engineering Section

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล โยธยา บุญยานันต์
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 18 มีนาคม พ.ศ. 2543
 ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง
 ที่อยู่ 17/1 ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร
 86180
 E-mail yotayabunyanan@hotmail.com

- ประวัติการศึกษา
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2562 จากโรงเรียนตรังคริสเตียนศึกษา
 - สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
- ผลงานและกิจกรรม
- ประสบการณ์ฝึกงานระยะเวลา 2 เดือน โรงงานอากาศโมโต้ (ไทย) จำกัด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา หลักสูตรช่างอุตสาหกรรมควบคุมการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้