การออกแบบวัตถุจมน้ำทะเล

THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER

นายทศพล คงล่า
นายวรายุทธ กล่อมนุชิต
นายณัฐพงศ์ ล้อมวงศ์วิทยา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

การออกแบบวัตถุจมน้ำทะเล

THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER

นายทศพล คงล่า
นายวรายุทธ กล่อมนุชิต
นายณัฐพงศ์ ล้อมวงศ์วิทยา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER

TOSSAPON KONGLA
WARAYUT KLOMNUCHIT
NATTAPONG LOMWONGWITTAYA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบวัตถุจมน้ำทะเล
THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER

ผู้จัดทำ

1. นาย ทศพล คงล่า รหัสประจำตัว 54010509
2. นาย วรายุทธ กล่อมนุชิต รหัสประจำตัว 54011144
3. นาย ณัฐพงศ์ ล้อมวงศ์วิทยา รหัสประจำตัว 54010417

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.เสริมศักดิ์ อยู่เย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวัตถุจมน้ำทะเล

นายทศพล	คงล่า	54010509
นายวรายุทธ	กล่อมนุชิต	54011144
นายณัฐพงศ์	ล้อมวงศ์วิทยา	54010417

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.เสริมศักดิ์ อยู่เย็น

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

ทุ่นจอดเรือชนิดฐานซีเมนต์เป็นหนึ่งในแบบของทุ่นจอดเรือที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน แต่การออกแบบฐานซีเมนต์เพื่อใช้ถ่วงน้ำหนักของทุ่นลอยน้ำนี้ ประสบปัญหาในเรื่องของการติดตั้งคือ ในบางครั้งฐานซีเมนต์เกิดการหมุน หล่นลงสู่พื้นผิวใต้ทะเลในท่าทางที่ไม่ถูกต้อง จนไม่สามารถใช้งานฐานทุ่นนั้นได้ โปรเจคนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษารูปร่างและออกแบบวัตถุที่ใช้เป็นฐานทุ่นที่สามารถจมลงน้ำทะเลในลักษณะที่ต้องการได้ โดยศึกษาเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆทางทฤษฎีกับการทดสอบจริง โดยการสร้างแบบจำลองย่อส่วน และนำไปทิ้งลงในทะเลเทียมที่สร้างขึ้น ทำการศึกษาพฤติกรรมการจมน้ำของแบบจำลองรูปทรงต่างๆภายใต้ทฤษฎีว่าด้วยความเสถียรในการจมในของเหลวของรูปทรง (Stability of Unconstrained Submerged Bodies in Fluid) กับจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity) และ จุดลอยตัว (Center of Buoyancy) จากการทดลองพบว่า วัตถุที่มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ตำแหน่งเดียวกับจุดลอยตัวจะไม่มีการหมุนหรือมีความเสถียรเป็นกลาง ในขณะที่วัตถุที่มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่สูงกว่าจุดลอยตัวจะเกิดการหมุนให้จุดลอยตัวอยู่สูงกว่าจุดศูนย์ถ่วงเพื่อให้วัตถุเกิดความเสถียรในการจม และพบว่า วัตถุทดลองแบบที่3 ‘ทรงกรวยยอดตัดคู่’ คือวัตถุที่มีความเหมาะสมในการใช้เป็นแบบทุ่นมากที่สุด เนื่องจากสามารถตั้งตรงได้มากที่สุดเพราะความเสถียรในการจมเป็นกลางจึงไม่เกิดการหมุนขณะจม และวัตถุมีความคลาดเคลื่อนจากจุดปล่อยน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Design of Submerged Object in Seawater

Mr.Tossapon	Kongla	54010509
Mr.Warayut	Klomnuchit	54011144
Mr.Nattapong	Lomwongwittaya	54010417

Advisor Ph.D. Soemsak Yooyen

Year 2557

Abstract

The concrete based mooring buoy is a type of mooring buoy that has been used on present day. However, the concrete based mooring buoy had problem about installation. Sometimes the concrete based mooring buoy was rotated and placed in wrong direction. So the concrete based mooring buoy cannot be used. The scope of this project is to study structure and design the objective which sunk in correct direction by studying and comparing variables between theory and experiment from scale down model. The objective will be created and dropped into artificial sea and studying the behavior of sinking under theory of stability of unconstrained submerged bodies in fluid center of gravity and center of buoyancy. From the experiment, It has been found that the objects which have center of gravity and center of buoyancy at same position will not rotate or neutral equilibrium. When the objects which have center of gravity at higher position than center of buoyancy will rotate to move center of buoyancy to be higher than center of gravity for have stable equilibrium. It has been found that the objects number 3 'Double cone with top cut off' is object that suitable to be used as concrete base. The reason is, It is most successful in placing because it is neutral equilibrium make it does not rotate when sunk. And it is less of dislocation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เสมอมาจาก ดร.เสริมศักดิ์ อยู่เย็น อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่เอื้อเฟื้อให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงานนี้ และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายทศพล คงล่า
นายวรายุทธ กล่อมนุชิต
นายณัฐพงศ์ ล้อมวงศ์วิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2

1.4 วรรณกรรมปริทัศน์.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการออกแบบวัตถุ.....3

2.1.1 จุดศูนย์ถ่วง.....3

2.1.2 จุดเซนทรอยด์.....3

2.1.3 จุดลอยตัว.....4

2.1.3.1 แรงลอยตัว.....4

2.1.3.2 แรงหน่วงจากความหนืด.....4

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการจมของวัตถุ.....5

2.2.1 ทฤษฎีว่าด้วยความเสถียรในการจมในของเหลวของ.....5

2.2.1.1 วัตถุเสถียรเมื่อจมลง.....5

2.2.1.2 วัตถุเป็นกลางเมื่อจมลง.....6

2.2.1.3 วัตถุไม่เสถียรเมื่อจมลง.....6

บทที่ 3 ชุดการทดลองและขั้นตอนการทดลอง.....8

3.1 ออกแบบและทำการสร้างอุปกรณ์ทดลอง.....8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ออกแบบวัตถุจมน้ำ....9
3.3 ทำการสร้างแบบจำลองของวัตถุรูปทรง....10
3.4 คำนวณค่าต่างๆของแบบจำลองตามทฤษฎี....10
3.5 นำแบบจำลองที่สร้างไปทดลองในทะเลเทียม....11
3.6 ทำการทดลองเปรียบเทียบผล....11
3.7 สรุปผลการทดลอง....11
บทที่ 4 ผลการทดลอง....12
4.1 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสามเหลี่ยมยอดตัดคู่....12
4.2 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมยอดตัดคู่....15
4.3 รูปทรงของทุ่น: ทรงกรวยยอดตัดคู่....18
4.4 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า....21
4.5 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม....24
4.6 รูปทรงของทุ่น: ทรงกรวย....27
4.7 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสามเหลี่ยมยอดตัดเดี่ยว....30
4.8 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมยอดตัดเดี่ยว....35
4.9 รูปทรงของทุ่น: ทรงกรวยยอดตัดเดี่ยว....40
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ....45
5.1สรุปผลการทดสอบ....45
5.1.1 การตั้งตรงของวัตถุ....45
5.1.2 โมเมนต์ของวัตถุ....46
5.1.3 ความคลาดเคลื่อนตามแนวแกน....47
5.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ....48
5.2.1 การตั้งตรงของวัตถุ....48
5.2.2 โมเมนต์ของวัตถุ....49
5.2.3 ความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ X-Y....50
บทที่ 6 ขั้นตอนการศึกษา....51
6.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน....51
6.2 ระยะเวลาการดำเนินงาน....51
เอกสารอ้างอิง....52
ภาคผนวก ก....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่ 1.....14
ตารางที่ 2 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่ 2.....17
ตารางที่ 3 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่ 3.....20
ตารางที่ 4 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่ 4.....23
ตารางที่ 5 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่ 5.....26
ตารางที่ 6 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่ 6.....29
ตารางที่ 7 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่ 7.....34
ตารางที่ 8 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่ 8.....39
ตารางที่ 9 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่ 9.....44
ตารางที่ 10 ตารางสรุปผลการตั้งตรง.....45
ตารางที่ 11 ตารางสรุปผลโมเมนต์ของวัตถุ.....46
ตารางที่ 12 ตารางสรุปผลความคลาดเคลื่อนตามแนวแกน.....47
ตารางที่ 13 ตารางแสดงเวลาการทำงานในภาคเรียนที่1.....51
ตารางที่ 14 ตารางแสดงเวลาการทำงานในภาคเรียนที่2.....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 ส่วนประกอบของทุ่นจอดเรือ....1

รูปที่ 2 รูปแบบฐานทุ่นที่ใช้งานในปัจจุบัน....1

รูปที่ 3 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับฐานทุ่น....2

รูปที่ 4 ตำแหน่งของ จุดลอยตัวอยู่สูงกว่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุเสถียรเมื่อจมลง....5

รูปที่ 5 ตำแหน่งของ จุดลอยตัวอยู่ตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุเป็นกลางเมื่อจม....6

รูปที่ 6 ตำแหน่งของ จุดลอยตัวอยู่ตำแหน่งต่ำกว่าจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุเป็นไม่เสถียรเมื่อจมลง....6

รูปที่ 7 ภาพ Isometric และภาพฉายของถังทดลอง....8

รูปที่ 8 ถังทดลองพร้อมอุปกรณ์....8

รูปที่ 9 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ1....12

รูปที่ 10 ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ1....13

รูปที่ 11 ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ1....13

รูปที่ 12 การชั่งน้ำหนักของวัตถุ1ในอากาศและน้ำทะเล....14

รูปที่ 13 ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ1....14

รูปที่ 14 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ2....15

รูปที่ 15 ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ2....16

รูปที่ 16 ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ2....16

รูปที่ 17 การชั่งน้ำหนักของวัตถุ2ในอากาศและน้ำทะเล....17

รูปที่ 18 ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ2....17

รูปที่ 19 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ3....18

รูปที่ 20 ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ3....19

รูปที่ 21 ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ3....19

รูปที่ 22 การชั่งน้ำหนักของวัตถุ3ในอากาศและน้ำทะเล....20

รูปที่ 23 ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ3....20

รูปที่ 24 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ4....21

รูปที่ 25 ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ4....22

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 26 ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ4.....22
รูปที่ 27 การชั่งน้ำหนักของวัตถุ4ในอากาศและน้ำทะเล.....23
รูปที่ 28 ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ4.....23
รูปที่ 29 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ5.....24
รูปที่ 30 ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ5.....25
รูปที่ 31 ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ5.....25
รูปที่ 32 การชั่งน้ำหนักของวัตถุ5ในอากาศและน้ำทะเล.....26
รูปที่ 33 ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ5.....26
รูปที่ 34 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ6.....27
รูปที่ 35 ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ6.....28
รูปที่ 36 ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ6.....28
รูปที่ 37 การชั่งน้ำหนักของวัตถุ6ในอากาศและน้ำทะเล.....29
รูปที่ 38 ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ6.....29
รูปที่ 39 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ7.....30
รูปที่ 40 ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ7.....33
รูปที่ 41 ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ7.....33
รูปที่ 42 การชั่งน้ำหนักของวัตถุ7ในอากาศและน้ำทะเล.....34
รูปที่ 43 ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ7.....34
รูปที่ 44 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ8.....35
รูปที่ 45 ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ8.....38
รูปที่ 46 ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ8.....38
รูปที่ 47 การชั่งน้ำหนักของวัตถุ8ในอากาศและน้ำทะเล.....39
รูปที่ 48 ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ8.....39
รูปที่ 49 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ9.....40
รูปที่ 50 ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ9.....43

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 51 ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ9....43
รูปที่ 52 การชั่งน้ำหนักของวัตถุ9ในอากาศและน้ำทะเล....44
รูปที่ 53 ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ9....44
รูปที่ 54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดทุ่นเทียบกับระยะทางระหว่างจุด Centroid , Center of Buoyancy กับ Center of gravity และ%การตั้งตรงของวัตถุ....48
รูปที่ 55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดทุ่นเทียบกับระยะทางระหว่างจุดหมุน (Center of gravity) ถึงจุดที่มีแรงกระทำ (Centroid) และและโมเมนต์ของวัตถุ....49
รูปที่ 56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดทุ่นเทียบกับความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ X-Y ของวัตถุ....50
รูปที่ ก-1 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ1....54
รูปที่ ก-2 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ2....55
รูปที่ ก-3 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ3....56
รูปที่ ก-4 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ4....57
รูปที่ ก-5 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ5....58
รูปที่ ก-6 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ6....59
รูปที่ ก-7 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ7....60
รูปที่ ก-8 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ8....61
รูปที่ ก-9 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ9....62

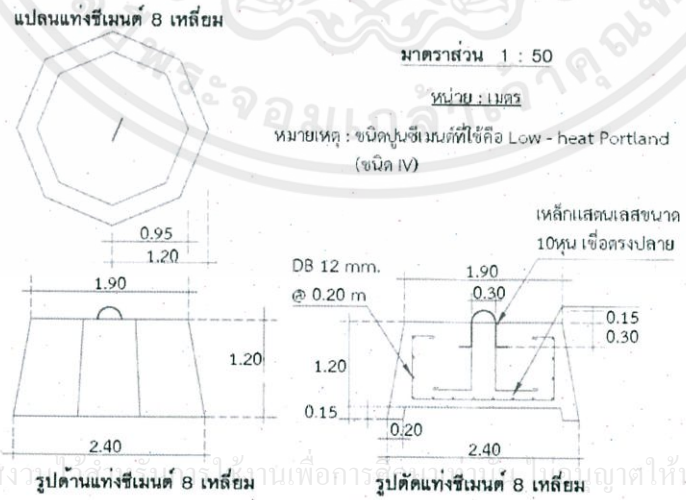
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในอดีต การจอดเรือจะใช้การทอดสมอเรือโดยใช้น้ำหนักของสมอเป็นตัวถ่วงไม่ให้เรือเคลื่อนที่ แต่การทอดสมอเรือได้ทำลายแนวปะการังใต้ทะเล ทำให้ปะการังเสียหาย ไม่สามารถเติบโตได้ จึงได้มีการจัดทำทุ่นจอดเรือขึ้น เพื่อลดการทอดสมอเรือ[2]

รูปที่ 1 : ส่วนประกอบของทุ่นจอดเรือ
(http://www.greenfishings.com/_files/webboard/2011_03_11_132223_u5wpvzr3.jpg)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2 :รูปแบบฐานทุ่นที่ใช้งานในปัจจุบัน [1]

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อออกแบบวัตถุที่ใช้เป็นฐานทุ่นที่สามารถจมลงน้ำทะเลในลักษณะที่ต้องการได้

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองฐานทุ่น และทดสอบจริงเปรียบเทียบสมมุติฐาน เพื่อหารูปทรงที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 โครงงานจะศึกษาวัตถุที่มีมวล 0.25 กิโลกรัม

1.3.2 โครงงานนี้จะศึกษาที่ความลึก 0.8 เมตร และมีค่าความหนาแน่น (density, ρ_W) ของน้ำทะเลเท่ากับ 1,025 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.3.3 โครงงานนี้จะศึกษาวัตถุที่ทำจากซีเมนต์ซึ่งมีความหนาแน่น (density, ρ_C) เท่ากับ 2,400 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

1.3.4 ลมมีความเร็วไม่เกิน 11-16 น็อต หรือไม่เกิน 20-28 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือไม่เกิน Force 4 (The Beaufort Wind Force Scale) [5]

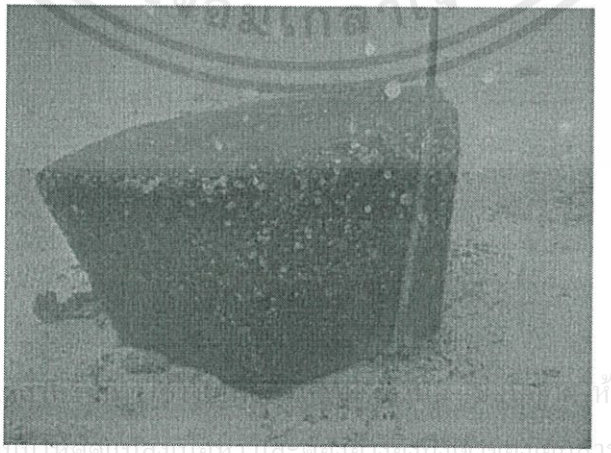
1.3.5 ผิวทะเลมีความสูงของคลื่นจริงไม่เกิน 1.5 เมตร หรือ ไม่เกิน Code 4 (World Meteorological – Organization Sea State Code) [5]

1.3.6 เนื่องด้วย วัตถุมีการจมทั้งชิ้น จึงกำหนดให้จุด Center of Buoyancy อยู่ตำแหน่งเดียวกับ Centroid

1.3.7 กำหนดให้จุดหมุนของวัตถุเมื่อจม คือจุดศูนย์ถ่วง

1.4 วรรณกรรมปริทัศน์

ทุ่นจอดเรือมีหลากหลายชนิด ซึ่งหนึ่งในชนิดของทุ่นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันคือ ทุ่นจอดเรือชนิดฐานซีเมนต์[1] เนื่องจากมีราคาถูก แข็งแรงทนทาน และจัดสร้างได้ง่าย โดยฐานทุ่นชนิดนี้จะสร้างจากคอนกรีตเสริมเหล็กใช้ถ่วงทุ่นลอยน้ำที่ผูกกับสายยึดโยง ซึ่งจากการติดตั้งทุ่นชนิดฐานซีเมนต์นี้พบปัญหาคือฐานทุ่นที่ถูกปล่อยลงไปใต้ทะเล เกิดการพลิกคว่ำ ไม่อยู่ในตำแหน่งที่สมดุลเหมาะสม [3] ซึ่งทำให้ไม่สามารถผูกสายยึดโยงเพื่อนำไปผูกกับทุ่นลอยหลักต่อไปได้ ทำให้สูญเสียงบประมาณโดยเปล่าประโยชน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 : ปัญหาที่เกิดขึ้นกับฐานทุ่น [3]

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการออกแบบวัตถุ

2.1.1 จุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity)

จุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity) [12] คือ จุดที่ใช้ในการแสดงตำแหน่งของน้ำหนักลัพธ์ของทั้งระบบวัตถุ โดยเราสามารถหาจุดจุดศูนย์ถ่วงได้จากสมการ

$$\bar{x} = \frac{\sum mg\tilde{x}}{\sum mg}, \bar{y} = \frac{\sum mg\tilde{y}}{\sum mg}, \bar{z} = \frac{\sum mg\tilde{z}}{\sum mg} \quad (1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดศูนย์ถ่วงตามแนวแกน x (เมตร), $\tilde{x}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดใดๆบนวัตถุที่ต้องการหาจุดจุดศูนย์ถ่วงตามแนวแกน x (เมตร), $\bar{y}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดศูนย์ถ่วงตามแนวแกน y (เมตร), $\tilde{y}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดใดๆบนวัตถุที่ต้องการหาจุดศูนย์ถ่วงตามแนวแกน y (เมตร), $\bar{z}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดศูนย์ถ่วงตามแนวแกน z (เมตร), $\tilde{z}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดใดๆบนวัตถุที่ต้องการหาจุดศูนย์ถ่วงตามแนวแกน z (เมตร)

โดย แรงที่กระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงนี้คือ น้ำหนักของวัตถุ คำนวณได้จาก

$$W = mg \quad (2)$$

เมื่อ W คือน้ำหนักของวัตถุ (นิวตัน) , m คือ มวลของวัตถุ (กิโลกรัม) และ g คือ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 9.81 เมตร/วินาที^{2}

2.1.2 จุดเซนทรอยด์ (Centroid)

จุดเซนทรอยด์ (Centroid) เป็นจุดที่แสดงจุดศูนย์กลางของปริมาตรของรูปทรงเรขาคณิตของวัตถุ ซึ่งจุดเซนทรอยด์นี้อาจจะไม่ได้อยู่ตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์ถ่วง แต่จุดเซนทรอยด์นี้อาจทับกับจุดศูนย์ถ่วงเมื่อวัตถุทำด้วยวัสดุที่มีเนื้อเดียวกัน (homogenous material) ซึ่งหมายความว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะเท่ากันตลอดชิ้น โดยสามารถหาจุดเซนทรอยด์ ได้จากสมการ

$$\bar{x} = \frac{\sum V\tilde{x}}{\sum V}, \bar{y} = \frac{\sum V\tilde{y}}{\sum V}, \bar{z} = \frac{\sum V\tilde{z}}{\sum V} \quad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\sum V$ คือผลรวมปริมาตรย่อยของวัตถุ (ลูกบาศก์เมตร), $\bar{x}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดเซนทรอยด์ตามแนวแกน x (เมตร), $\tilde{x}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดใดๆบนวัตถุที่ต้องการหาจุดเซนทรอยด์ตามแนวแกน x (เมตร), $\bar{y}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดเซนทรอยด์ตามแนวแกน y (เมตร),

$\widetilde{y}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดใดๆบนวัตถุที่ต้องการหาจุดเซนทรอยด์ตามแนวแกน y (เมตร), $\bar{z}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดเซนทรอยด์ตามแนวแกน z (เมตร), $\widetilde{z}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดใดๆบนวัตถุที่ต้องการหาจุดเซนทรอยด์ตามแนวแกน z (เมตร)

2.1.3 จุดลอยตัว(Center of Buoyancy)

จุดลอยตัว (Center of Buoyancy) เป็นจุดที่แสดงจุดศูนย์กลางของปริมาตรรูปทรงเรขาคณิตของวัตถุส่วนที่วัตถุจมอยู่ในของเหลว โดยจุดนี้จะเป็นจุดผ่านของแรงต้านการจมของวัตถุอีกด้วย โดยจุดนี้สามารถหาได้จากสมการ

$$\bar{x} = \frac{\sum V_s \widetilde{x}}{\sum V_s}, \bar{y} = \frac{\sum V_s \widetilde{y}}{\sum V_s}, \bar{z} = \frac{\sum V_s \widetilde{z}}{\sum V_s} \tag{4}$$

เมื่อ $\sum V_s$ คือผลรวมปริมาตรย่อยของวัตถุที่จมในของเหลว (ลูกบาศก์เมตร), $\bar{x}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดลอยตัวตามแนวแกน x (เมตร), $\widetilde{x}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดใดๆบนวัตถุที่ต้องการหาจุดลอยตัว ตามแนวแกน x (เมตร), $\bar{y}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดลอยตัว ตามแนวแกน y (เมตร), $\widetilde{y}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดใดๆบนวัตถุที่ต้องการหาจุดลอยตัวตามแนวแกน y (เมตร), $\bar{z}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดลอยตัว ตามแนวแกน z (เมตร), $\widetilde{z}$ คือระยะทางจากจุด(0,0)จนถึงจุดใดๆบนวัตถุที่ต้องการหาจุดลอยตัว ตามแนวแกน z (เมตร)

โดย แรงที่กระทำผ่านจุดลอยตัวนี้คือ แรงต้านการจมของวัตถุ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แรง คือ

2.3.1.1 แรงลอยตัว (Buoyancy Force) [5] คือแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งเป็นผลมาจากความหนาแน่นของของไหลที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านและปริมาตรของวัตถุ คำนวณได้จาก

$$F_B = \rho_W g V \tag{5}$$

เมื่อ F_B คือแรงพยุงลอยตัว (นิวตัน), ρ_W คือความหนาแน่นของของเหลว (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร), V คือปริมาตรของวัตถุ (ลูกบาศก์เมตร)

2.3.1.2 แรงหน่วงจากความหนืด (Drag Force) [6] คือ แรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งเป็นผลมาจากรูปร่างของวัตถุ คำนวณได้จาก

$$F_D = \frac{C_D \rho_W A v^2}{2} \tag{6}$$

หรือ

$$F_D = mg - F_B \tag{7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ A คือ พื้นที่ผิวของวัตถุที่ของไหลปะทะ (ตารางเมตร), v คือ ความเร็วในการจมของวัตถุ (เมตร/วินาที), C_D คือสัมประสิทธิ์ของแรงหน่วง (Drag's coefficient) [11] โดยสัมประสิทธิ์ของแรงหน่วงสามารถหาได้จากสมการ

$$C_D = \frac{2m}{Ad\rho_C} = \frac{2V}{Ad} \tag{8}$$

เมื่อ ρ_C คือความหนาแน่นของของวัตถุ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร), d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมจินตภาพ (Diameter of imaginary sphere) (เมตร) ซึ่งใช้คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของวัตถุที่ไม่ได้มีรูปร่างทรงกลมโดยการคำนวณเพื่อเทียบเท่าว่าเมื่อปริมาตรของวัตถุเท่ากัน วัตถุรูปทรงใดๆนั้นจะสามารถสร้างเป็นรูปทรงกลมได้ขนาดเท่าใด

เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมจินตภาพ สามารถคำนวณได้จาก

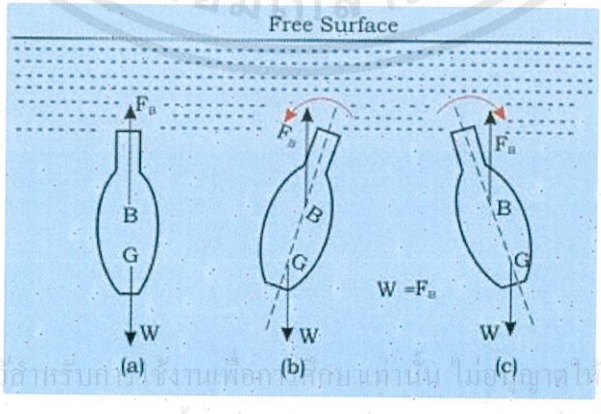
$$d = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \tag{9}$$

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับการจมของวัตถุ

2.2.1 ทฤษฎีว่าด้วยความเสถียรในการจมในของเหลวของรูปทรง (Stability of Unconstrained Submerged Bodies in Fluid) [18]

ทฤษฎีว่าด้วยความเสถียรในการจมในของเหลวของรูปทรง(Stability of Unconstrained Submerged Bodies in Fluid) เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยเรื่องของตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงและจุดลอยตัวที่มีผลต่อความเสถียรและการพลิกคว่ำของวัตถุในการจม โดยมี3รูปแบบคือ

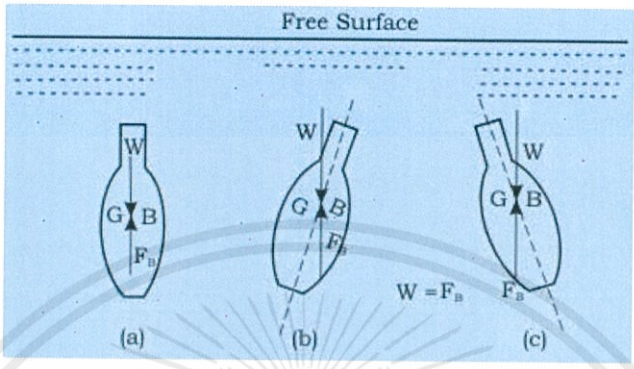
2.2.1.1 วัตถุเสถียรเมื่อจมลง (Stable Equilibrium) กล่าวคือ วัตถุจะพลิกกลับมาอยู่ในสภาพเสถียร เมื่อจมลง โดยวัตถุรูปทรงดังกล่าวนี้ จะมีตำแหน่งของจุดลอยตัวอยู่สูงกว่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

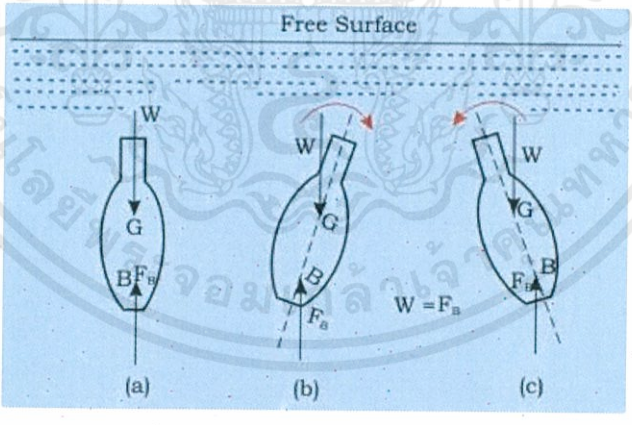
รูปที่4: ตำแหน่งของ จุดลอยตัวอยู่สูงกว่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุเสถียรเมื่อจมลง (http://www.nptel.ac.in/courses/112104118/lecture-5/images/sub_stable.jpg)

2.2.1.2 วัตถุเป็นกลางเมื่อจมลง (Neutral Equilibrium) กล่าวคือ เมื่อวัตถุจมในท่าทางใดๆ วัตถุจะไม่หมุนหรือพลิกกลับมาอยู่ในสภาพเสถียร และจะจมด้วยท่าทางนั้นต่อไปจนถึงพื้น หรือจนกว่ามีแรงภายนอกอื่นมากระทำ โดยวัตถุรูปทรงดังกล่าวนี้จะมีตำแหน่งของ จุดลอยตัวอยู่ตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์ถ่วง



รูปที่5: ตำแหน่งของ จุดลอยตัวอยู่ตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุเป็นกลางเมื่อจมลง (http://www.nptel.ac.in/courses/112104118/lecture-5/images/sub_neutral.jpg)

2.2.1.3 วัตถุไม่เสถียรเมื่อจมลง (Unstable Equilibrium) กล่าวคือ วัตถุจะเกิดการหมุนเมื่อจมลงเพื่อพยายามย้ายตำแหน่งของจุดลอยตัวให้อยู่สูงกว่าจุดศูนย์ถ่วง เพื่อความเสถียรในการจม โดยวัตถุรูปทรงดังกล่าวนี้จะมีตำแหน่งของ จุดลอยตัวอยู่ต่ำกว่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง



รูปที่6: ตำแหน่งของ จุดลอยตัวอยู่ตำแหน่งต่ำกว่าจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุเป็นไม่เสถียรเมื่อจมลง (http://www.nptel.ac.in/courses/112104118/lecture-5/images/sub_unstable.jpg)

การจะทราบว่า วัตถุจะมีความเสถียรในการจมหรือไม่นั้น สามารถคำนวณได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$r_{CB\to CG} = CB - CG = r_{o\to CB} - r_{o\to CG} \quad (10)$$

เมื่อ $r_{CB\to CG}$ คือความต่างของระยะทางระหว่างจุดศูนย์ถ่วงกับจุดลอยตัว (เมตร) , CB คือตำแหน่งของจุดลอยตัว, CG คือตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง , $r_{o\to CB}$ คือระยะทางจากจุดหมุนถึงจุดศูนย์ถ่วง (เมตร) , $r_{o\to CG}$ คือระยะทางจากจุดหมุนถึงจุดลอยตัว (เมตร)

โดยจากความต่างของระยะทางระหว่างจุดศูนย์ถ่วงกับจุดลอยตัวจะได้ว่า

$r_{CB-CG} > 0$ ทำให้วัตถุเสถียรเมื่อจมลง
$r_{CB-CG} = 0$ ทำให้วัตถุเป็นกลางเมื่อจมลง
$r_{CB-CG} < 0$ ทำให้วัตถุไม่เสถียรเมื่อจมลง

และเมื่อวัตถุมีค่า $r_{CB\to CG} \neq 0$ จะทำให้วัตถุเกิดการหมุนขึ้นเพื่อให้วัตถุเกิดความเสถียรในการจม โดยสามารถคำนวณค่าโมเมนต์ของการหมุนได้จากสมการโมเมนตัม

$$\sum M = F \times |r_{CG-CB}| \tag{11}$$

โดย $\sum M$ คือผลรวมโมเมนต์(ทิศทางตามเข็มนาฬิกา) (นิวตัน•เมตร), F คือแรงกระทำตั้งฉากกับระยะทางจากจุดหมุนถึงแนวแรง (นิวตัน) โดยมีค่าเท่ากับ

$$F = F_B + F_D - W \tag{12}$$

แทนค่า(12)ลงใน(11)จะได้ว่า

$$\sum M = \left[(F_B + F_D)\sin\theta \times |r_{o\to CB}|\right] - \left(W\sin\theta \times |r_{o\to CG}|\right) \tag{13}$$

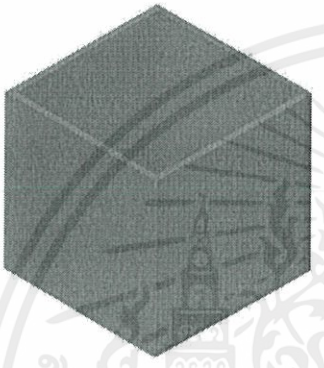
กำหนดให้ จุดศูนย์ถ่วง คือ จุดหมุน ทำให้ $r_{o\to CG} = 0$ จึงทำให้ได้โมเมนต์ในการหมุนของวัตถุคือ

$$\sum M = \left[(F_B + F_D)\sin\theta \times |r_{o\to CB}|\right] \tag{14}$$

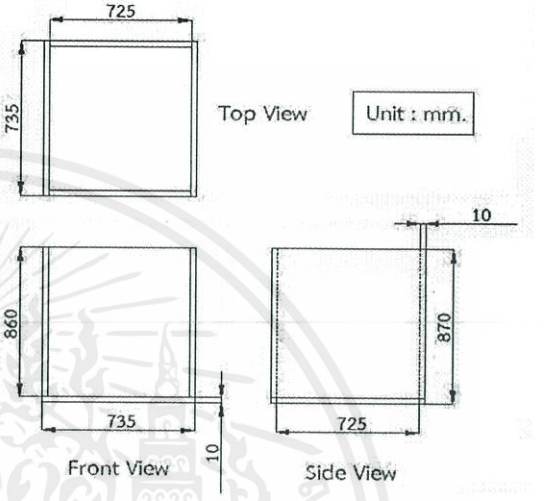
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ชุดการทดลองและขั้นตอนการทดลอง

3.1 ออกแบบและทำการสร้างอุปกรณ์ทดลอง



รูปที่ 7 : ภาพ Isometric ของถังทดลอง



รูปที่ 8 : ภาพฉายของถังทดลอง

1.)กำหนดถังมีปริมาตร 0.725 เมตร X 0.725 เมตร X 0.86 เมตร =0.452 ลูกบาศก์เมตร แต่จะเติมน้ำจนมีระดับความสูงเพียง 0.8 ทำให้มีปริมาตรน้ำภายในถังทดลอง = 0.421 ลูกบาศก์เมตร โดยความหนาของแผ่นอะคริลิคที่จะนำมาใช้สร้างถังได้ คือ 0.010 เมตร หรือ 10 มิลลิเมตร

2.) ทำการเขียนแบบของถังทดลองและหาซื้ออุปกรณ์สำหรับสร้างถังทดอง ประกอบด้วย

2.1) แผ่นอะครีลิค ขนาด 1.2 เมตร X 2.4 เมตร ความหนา 10 มิลลิเมตร

2.2) เหล็กกล่องความยาว 6 เมตร

2.3) กาวซิลิโคนยาแนว,กาวยาง

2.4) ปูนสำหรับงานหล่อ

2.5) ปั๊มทำคลื่นน้ำสำหรับเลี้ยงปลาทะเล

3.) ทำการสร้างถังทดลอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1) ตัดแผ่นอะครีลิคให้ได้ขนาดต่างๆ

3.2) ตัดแท่งเหล็กฉากเป็นขนาดความยาวต่างๆและเชื่อมติดกันด้วยการเชื่อมไฟฟ้า เพื่อใช้ทำเป็นกรอบถังทดลองเพื่อเสริมความแข็งแรงและป้องกันไม่ให้ถังพังทลายจากแรงดันน้ำ

3.3) นำแผ่นอะครีลิคใส่ลงในกรอบถังทดลองเพื่อเป็นฐานและผนังของถัง

3.4) ทำการยาแนวถังทดลองด้วยกาวซิลิโคนเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำในถังทดลอง

3.5) รอจนกาวซิลิโคนแข็งตัวและทำการเติมทรายลงแทนก้นทะเล และใส่น้ำลงไปจนน้ำมีความสูง 0.8 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

3.6) ใส่เกลือลงไปในน้ำเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของน้ำให้ใกล้เคียงน้ำทะเล ซึ่งโดยทั่วไปจะมีเกลือปริมาณ 0.03กิโลกรัมต่อน้ำ1กิโลกรัมหรือ3 เปอร์เซ็นต์ จะได้ว่า

$$g = (\% \times 10 \times \rho_w) \cdot V_{Tank} \quad (20)$$
$$g = (3 \times 10 \times 1.025) \cdot (0.725 \times 0.725 \times 0.8)$$
$$g = 12.93 \text{ กิโลกรัม}$$

3.7) ติดปั๊มทำคลื่นเพื่อจำลองสภาพคลื่นใต้นำทะเล โดยหาความเร็วของปั๊มทำคลื่นที่ใกล้เคียงน้ำทะเลที่มีความเร็วในการไหล 1.392 เมตร/วินาที

ในที่นี้ได้ทำการพิจารณาปั๊มยี่ห้อ Sonic รุ่น AP1200 โดยพิจารณาดังนี้

พบว่า ปั๊มมีอัตราการไหล เท่ากับ 600 ลิตร/ชั่วโมง หรือ 1.667×10^{-4} เมตร/วินาที และมีเศษผ่าศูนย์กลางของท่อทางออกเท่ากับ 0.013 เมตร ทำให้มีพื้นที่เท่ากับ 1.327×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

จาก $$Q_{Pump} = A_{Pump} v_{Pump} \quad (21)$$

จะได้ว่า $$v_{Pump} = \frac{Q_{Pump}}{A_{Pump}} = \frac{1.667 \times 10^{-4}}{1.327 \times 10^{-4}}$$

$$\therefore v_{Pump} = 1.256 \text{ เมตร/วินาที}$$

ซึ่งความเร็วน้ำที่ได้จากปั๊มนี้มีค่าใกล้เคียงกับความเร็วน้ำตาทฤษฎี จึงเลือกใช้ยี่ห้อ Sonic ปั๊มรุ่น AP1200

3.2 ออกแบบวัตถุจมน้ำ

1.)การคำนวณหาปริมาตรเบื้องต้นจากสมการความหนาแน่น

$$\rho_c = \frac{m_{real}}{V_{real}} = \frac{m_{model}}{V_{model}} \quad (22)$$

โดยกำหนดให้ ρ_C คือความหนาแน่นของคอนกรีต = 2,400 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร, m_{real} คือมวลของวัตถุ = 5 ตัน, m_{model} คือมวลของวัตถุ = 0.25 กิโลกรัม เทียบเท่ามวลจริง 5 ตัน, V_{real} คือปริมาตรของวัตถุจริงซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่าง, V_{model} คือปริมาตรของวัตถุจำลองซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่าง

ปริมาตรของวัตถุจริงสามารถหาได้จาก

$$V_{real} = \frac{m_{real}}{\rho_C} \quad (23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในตัวอย่างการคำนวณ m_{real} = 5ตัน = 5,000 กิโลกรัม จะได้ว่า

$$\therefore\ V_{real} = 2.083 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

จากนั้นนำค่า V_{real} ไปแทนในสมการที่(21)จะได้

$$\frac{m_{real}}{V_{real}} = \frac{m_{model}}{V_{model}}$$

$$\frac{5{,}000kg}{2.083m^3} = \frac{0.25kg}{V_{model}}$$

$$\therefore V_{model} = 1.0417\text{x}10^{-4} \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

จากนั้นนำค่า V_{model} ที่ได้ไปเข้าสู่สูตรการหาปริมาตรรูปทรงเรขาคณิตตามรูปทรงที่ต้องการ ก็จะได้ขนาดความกว้าง,ความยาว,ความสูง ฯลฯ ออกมา

2.)นำขนาดที่หาได้ต่างๆในข้อ1.) ไปทำการเขียนแบบจำลองของวัตถุ

3.3 ทำการสร้างแบบจำลองของวัตถุรูปทรง

ภายหลังจากการคำนวณปริมาตรของวัตถุแล้ว จึงทำการเขียนแบบจำลองของวัตถุ ซึ่งจะทำให้ได้ขนาดต่างๆของวัตถุออกมา และนำขนาดดังกล่าวไปทำการสร้างแบบจำลองของวัตถุรูปทรงต่างๆในขนาดย่อส่วนตามที่ได้ออกแบบไว้

3.4 คำนวณค่าต่างๆของแบบจำลองตามทฤษฎี

ภายหลังจากออกแบบแสร้างวัตถุแล้ว ต้องทำการคำนวณค่าดังต่อไปนี้

1.) แรงพยุงลอยตัว คำนวณได้จากสมการ (10)

2.) แรงต้านเนื่องจากความหนืด คำนวณได้จากสมการ (12)

3.) จุดศูนย์ถ่วง,จุดศูนย์กลางปริมาตร และจุด ลอยตัวทำโดยกำหนดจุดที่มุมทุกๆมุมของวัตถุ และกำหนดน้ำหนักให้เท่าๆกัน เมื่อลากเส้นเชื่อมจากจุดต่างๆเข้าด้วยกัน จะได้รูปทรงเหมือนวัตถุ แล้วใช้สมการที่ (1)ถึง(9) จะทำให้ได้ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง และจุดศูนย์กลางปริมาตร ตามแนวแกน x, y, z ออกมา

ซึ่งในที่นี้ วัตถุได้จมลงในของเหลวทั้งชิ้น ทำให้ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมเท่ากับปริมาตรของวัตถุทั้งชิ้น ยังเป็นผลทำให้ จุดลอยตัวมีตำแหน่งเดียวกับจุดศูนย์กลางปริมาตร อีกด้วย

เมื่อทราบจุดศูนย์ถ่วงและ จุดลอยตัวแล้วจะทำให้สามารถคาดการได้ว่า วัตถุจะมีลักษณะการจมที่เสถียรหรือไม่

4.) โมเมนต์ของวัตถุ คำนวณได้จากสมการ (16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 นำแบบจำลองที่สร้างไปทดลองในทะเลเทียม

โดยแบ่งวัตถุเป็น3กลุ่มย่อยคือ
1.) วัตถุที่มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่กึ่งกลางคือ ทุ่น1-3
2.) วัตถุที่มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่1ใน4ของความสูงคือ ทุ่น4-6
3.) วัตถุที่มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ระหว่างกึ่งกลางถึง1ใน4ของความสูงคือ ทุ่น7-9
ทำการทิ้ง 10 ครั้ง ต่อวัตถุ 1 ชิ้น แล้วบันทึกค่าในแต่ละครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.6 ทำการทดลองเปรียบเทียบผล

ทำการทดลองเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองกับระหว่างวัตถุรูปทรงต่างๆ แล้วทำการบันทึกค่าต่างๆต่อไปนี้

- เวลาในการจม ทำได้โดย คำนวณจากเฟรมภาพของวีดีโอ เพื่อใช้ในการคำนวณหา สัมประสิทธิ์ความหน่วง (Drag Coefficient) ของวัตถุแต่ละชิ้นต่อไป
- แรงลอยตัว ทำได้โดย วัดน้ำหนักของวัตถุในอากาศและในน้ำ แล้วนำน้ำหนักของวัตถุในอากาศลบออกด้วยน้ำหนักของวัตถุในน้ำ และคูณด้วยความเร่งโน้มถ่วงก็จะได้แรงลอยตัว
- ความคลาดเคลื่อนจากจุดปล่อย ทำได้โดย วัดความคลาดเคลื่อนตามแนวแกน X,Y จากสเกลที่เขียนไว้ด้านล่างถังทดลอง
- ลักษณะของการพลิกของวัตถุ ทำได้โดยการสังเกตว่าวัตถุมีการตั้งในลักษณะที่สามารถใช้งานได้หรือไม่ภายหลังการทิ้ง

3.7 สรุปผลการทดลอง

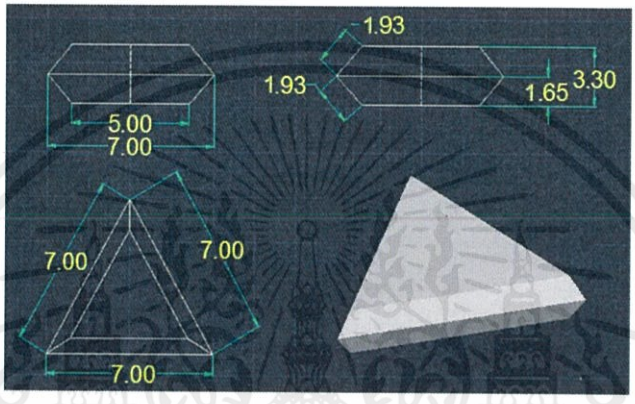
ภายหลังการทดลองและคำนวณค่าต่างๆแล้ว ทำสรุปผลการทดลองเพื่อคัดเลือกวัตถุที่ดีที่สุดในการใช้สร้างทุ่นจอดเรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

อุณหภูมิน้ำ: 30.5 องศาเซลเซียส
ความหนืดของน้ำทะเล: 0.00085 พาสคาล · วินาที

4.1 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสามเหลี่ยมยอดตัดคู่



รูปที่ 9 : ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ1

ขนาดมวลทดลองในอากาศ: 0.25 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.115 กิโลกรัม
ปริมาตรทดลอง: 1.0417×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร
$F_{B\ model}$(คำนวณ): 1.047 นิวตัน
$F_{B\ model}$(ทดลอง): 1.324 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(คำนวณ): 1.4055 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(ทดลอง): 1.1285 นิวตัน
A_{model}: 0.002121 ตารางเมตร
C_D: 1.075
การหาจุด CG,CB,Centroid:

เนื่องจากวัตถุมีการจมทั้งชิ้น ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวมีค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

∴ จุดศูนย์กลางปริมาตร = จุดลอยตัว

$$\bar{x}_{CG} = \frac{[(0+0.01+0.035+0.06+0.07)\times(0.05\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG} = 0.035 \text{ เมตร}$$

เอกสารนี้เป็น ... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{y}_{CG} = \frac{[(0+0+0.0606)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG} = 0.0202 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG} = \frac{[(0+0.0165+0.033)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG} = 0.0165 \text{ เมตร}$$

จุด CG: (0.035,0.0202,0.0165) เมตร

$$\bar{x}_{CB} = \frac{[(0+(0.01\times 2)+(0.035\times 3)+(0.06\times 2)+0.07)\times(1.157\times 10^{-5})]}{(1.0417\times 10^{-4})}$$

$$\bar{x}_{CB} = 0.035 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB} = \frac{[((0\times 2)+(0.01\times 4)+(0.0506\times 2)+(0.0606))\times(1.157\times 10^{-5})]}{(1.0417\times 10^{-4})}$$

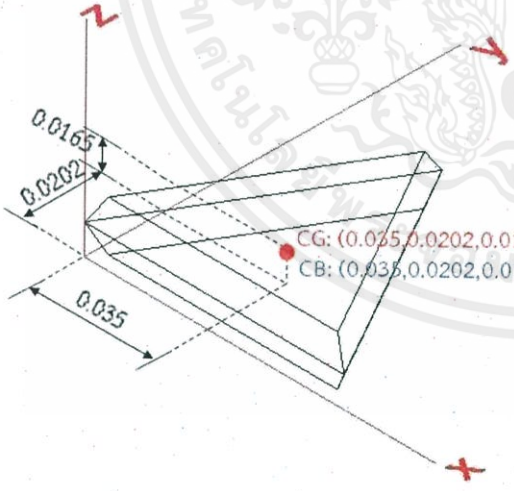
$$\bar{y}_{CB} = 0.0202 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB} = \frac{[((0\times 3)+(0.0165\times 3)+(0.033\times 3))\times(1.157\times 10^{-5})]}{(1.0417\times 10^{-4})}$$

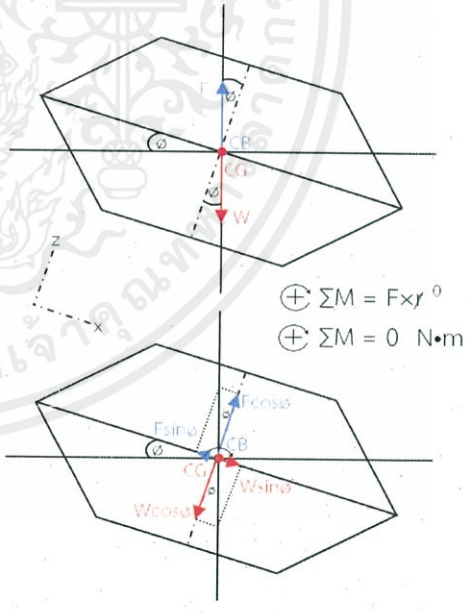
$$\bar{z}_{CB} = 0.0165 \text{ เมตร}$$

จุด Centroid,CB: (0.035,0.0202,0.0165) เมตร

∴ จุดศูนย์ถ่วง = จุดลอยตัว



รูปที่ 10 : ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ1



รูปที่ 11 : ภาพ Free Body Diagram ของวัตถุ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

r_{CB-CG}; (0,0,0) เมตร

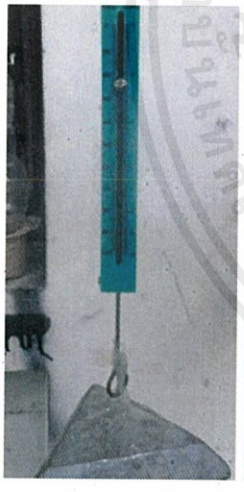
|r|: (0,0,0) เมตร

∴ ความเสถียรในการพลิกของวัตถุ; เป็นกลาง

∴ ผลรวมโมเมนต์(ทิศตามเข็มฯ): 0 นิวตัน เมตร

ตารางที่1 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่1:

ครั้งที่	เวลาจม (วินาที)	ความเร็วการจม(เมตร/วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (เมตร)		การตั้งของวัตถุ	
			แกนX	แกนY	ตั้งตรง	ล้มเอียง
1	1.17	0.68	-0.04	-0.05	√	
2	1.13	0.71	-0.07	-0.05	√	
3	1.10	0.73	-0.09	-0.05	√	
4	1.10	0.73	-0.08	-0.01	√	
5	1.13	0.71	-0.07	-0.05	√	
6	1.17	0.68	-0.12	-0.03	√	
7	1.10	0.73	-0.08	-0.07	√	
8	1.07	0.75	-0.03	-0.09	√	
9	1.10	0.73	-0.04	-0.08	√	
10	1.07	0.75	-0.05	-0.09	√	
total	1.114	0.72	-0.068	-0.057	10	0

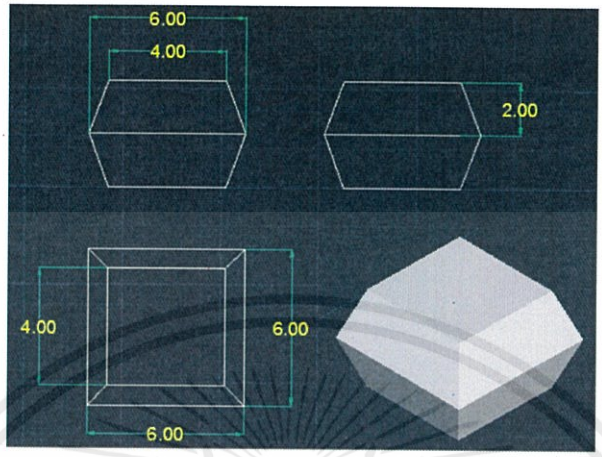


รูปที่ 12 : การชั่งน้ำหนักของวัตถุ1ในอากาศและน้ำทะเล

รูปที่ 13 : ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมยอดตัดคู่



รูปที่ 14 : ภาพฉายและภาพIsometric ของวัตถุ2

ขนาดมวลทดลองในอากาศ: 0.25 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.12 กิโลกรัม
ปริมาตรทดลอง: 1.0417×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร
$F_{B\ model}$(คำนวณ): 1.047 นิวตัน
$F_{B\ model}$(ทดลอง): 1.275 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(คำนวณ): 1.4055 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(ทดลอง): 1.1775 นิวตัน
A_{model}: 0.0036 ตารางเมตร
C_D: 0.503

การหาจุด CG,CB,Centroid

เนื่องจากวัตถุมีการจมทั้งชิ้น ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวมีค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

∴ จุดศูนย์กลางปริมาตร = จุดลอยตัว

$$\bar{x}_{CG} = \frac{[(0+0.01+0.03+0.05+0.06)\times(0.05\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG} = 0.03 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG} = \frac{[(0+0.01+0.03+0.05+0.06)\times(0.05\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG} = 0.03 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG} = \frac{[(0+0.02+0.04)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\bar{z}_{CG} = 0.02$ เมตร

จุด CG: (0.03,0.03,0.02) เมตร

$$\bar{x}_{CB} = \frac{\left[((0\times 2)+(0.01\times 4)+(0.05\times 4)+(0.06\times 2))\times\left(8.68\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$\bar{x}_{CB} = 0.03$ เมตร

$$\bar{y}_{CB} = \frac{\left[((0\times 2)+(0.01\times 4)+(0.05\times 4)+(0.06\times 2))\times\left(8.68\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

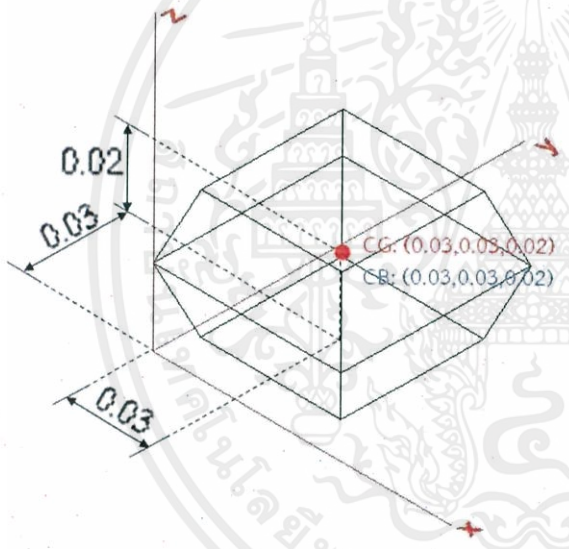
$\bar{y}_{CB} = 0.03$ เมตร

$$\bar{z}_{CB} = \frac{\left[((0\times 4)+(0.02\times 4)+(0.04\times 4))\times\left(8.68\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-6}\right)}$$

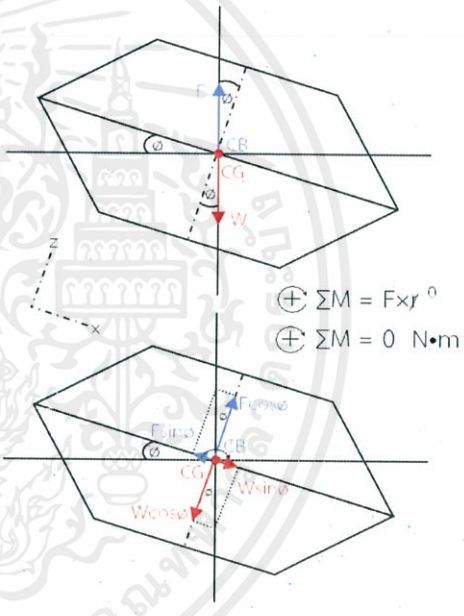
$\bar{z}_{CB} = 0.02$ เมตร

จุด Centroid,CB: (0.03,0.03,0.02) เมตร

∴ จุดศูนย์ถ่วง = จุดลอยตัว



รูปที่ 15 : ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ2



รูปที่ 16 : ภาพFree Body Diagram ของวัตถุ2

$r_{CB\text{-}CG}$; (0,0,0) เมตร

|r|: (0,0,0) เมตร

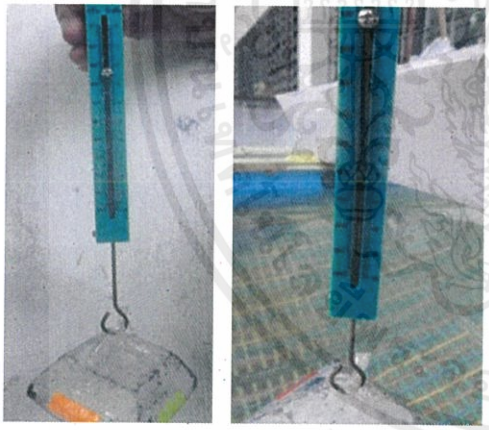
∴ ความเสถียรในการพลิกของวัตถุ; เป็นกลาง

∴ ผลรวมโมเมนต์: 0 นิวตัน เมตร

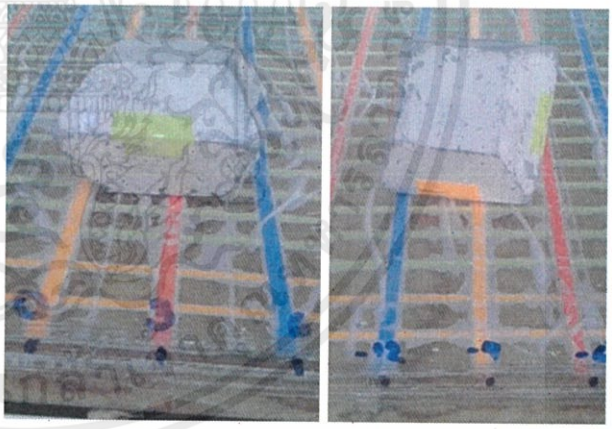
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่2:

ครั้งที่	เวลาจม (วินาที)	ความเร็วการจม(เมตร/วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (เมตร)		การตั้งของวัตถุ	
			แกนX	แกนY	ตั้งตรง	ล้มเอียง
1	0.97	0.82	-0.20	0.03	√	
2	0.97	0.82	-0.18	-0.09		√
3	0.90	0.89	-0.18	0.07	√	
4	0.87	0.92	-0.15	0.05	√	
5	0.87	0.92	-0.20	-0.03	√	
6	0.87	0.92	-0.23	0.02	√	
7	0.87	0.92	-0.19	0.10	√	
8	0.87	0.92	-0.21	0.03	√	
9	0.87	0.92	-0.18	0.12	√	
10	0.90	0.89	-0.20	0.03	√	
total	0.896	0.894	-0.192	0.033	9	1



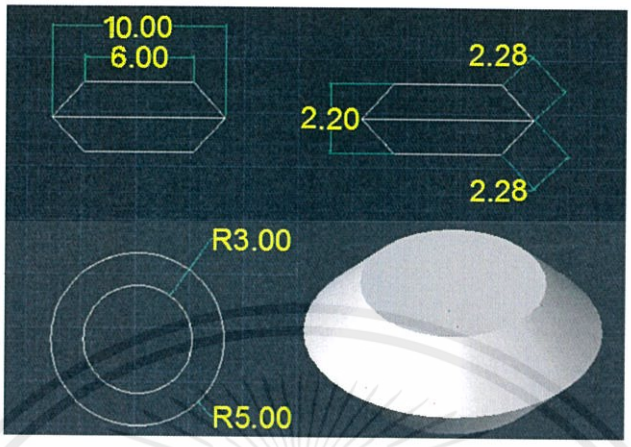
รูปที่ 17 : การชั่งน้ำหนักของวัตถุ2ในอากาศและน้ำทะเล



รูปที่ 18: ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 รูปทรงของทุ่น: ทรงกรวยยอดตัดคู่



รูปที่ 19 : ภาพฉายและภาพIsometric ของวัตถุ3

ขนาดมวลทดลองในอากาศ: 0.25 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.12 กิโลกรัม
ปริมาตรทดลอง: 1.0417×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร
$F_{B\ model}$(คำนวณ): 1.047 นิวตัน
$F_{B\ model}$(ทดลอง): 1.275 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(คำนวณ): 1.4055 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(ทดลอง): 1.1775 นิวตัน
A_{model}: 0.00785 ตารางเมตร
C_D: 0.115
การหาจุด CG,CB,Centroid

เนื่องจากวัตถุมีการจมทั้งชิ้น ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวมีค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

∴ จุดศูนย์กลางปริมาตร = จุดลอยตัว

$$\bar{x}_{CG} = \frac{[(0+0.02+0.05+0.08+0.1)\times(0.05\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG} = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG} = \frac{[(0+0.02+0.05+0.8+0.1)\times(0.05\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG} = 0.05 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG} = \frac{[(0+0.011+0.022)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG} = 0.011 \text{ เมตร}$$

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด CG: (0.05,0.05,0.011) เมตร

$$\bar{x}_{CB} = \frac{\left[\left(0+\left(0.02\times 2\right)+\left(0.05\times 6\right)+\left(0.08\times 2\right)+0.1\right)\times\left(8.68\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$\bar{x}_{CB} = 0.05$ เมตร

$$\bar{y}_{CB} = \frac{\left[\left(0+\left(0.02\times 2\right)+\left(0.05\times 6\right)+\left(0.08\times 2\right)+0.1\right)\times\left(8.68\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

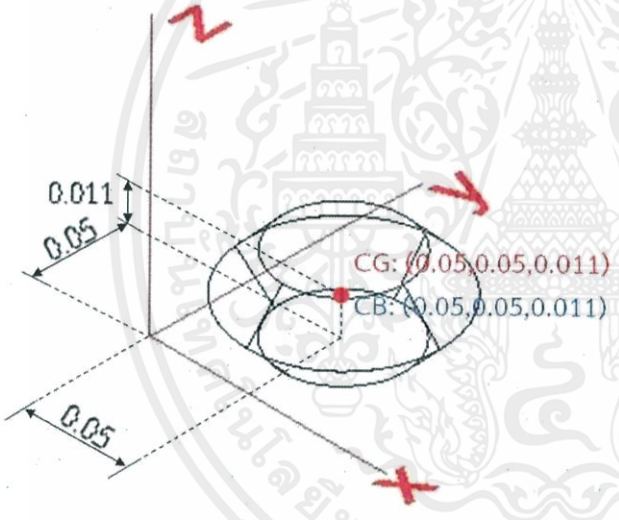
$\bar{y}_{CB} = 0.05$ เมตร

$$\bar{z}_{CB} = \frac{\left[\left(\left(0\times 4\right)+\left(0.011\times 4\right)+\left(0.022\times 4\right)\right)\times\left(8.68\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

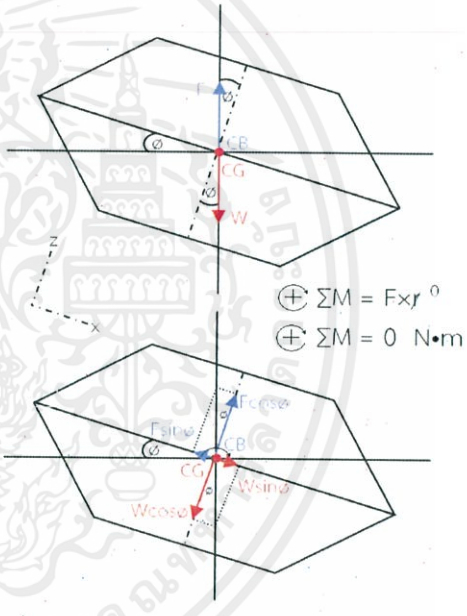
$\bar{z}_{CB} = 0.011$ เมตร

จุด Centroid,CB: (0.05,0.05,0.011) เมตร

∴ จุดศูนย์ถ่วง = จุดลอยตัว



รูปที่ 20 : ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ3



รูปที่ 21 : ภาพFree Body Diagram ของวัตถุ3

r_{CB-CG}; (0,0,0) เมตร

|r|: (0,0,0) เมตร

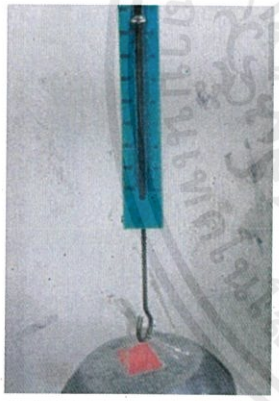
∴ ความเสถียรในการพลิกของวัตถุ; เป็นกลาง

∴ ผลรวมโมเมนต์: 0 นิวตัน เมตร

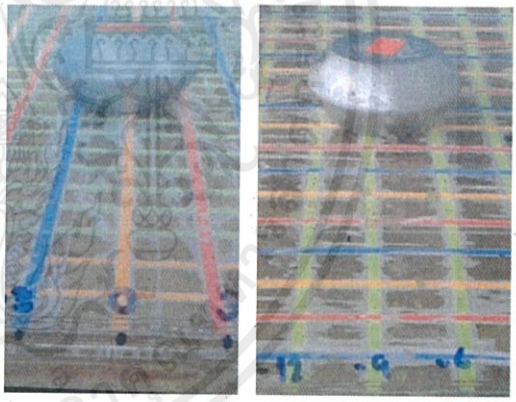
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่3:

ครั้งที่	เวลาจม (วินาที)	ความเร็วการจม(เมตร/วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (เมตร)		การตั้งของวัตถุ	
			แกนX	แกนY	ตั้งตรง	ล้มเอียง
1	1.00	0.80	-0.04	0.05	√	
2	0.93	0.86	-0.09	0.12	√	
3	0.97	0.82	-0.06	0.00	√	
4	1.00	0.80	-0.06	0.00	√	
5	0.90	0.89	-0.08	0.08	√	
6	0.90	0.89	-0.09	0.06	√	
7	0.90	0.89	-0.09	0.00	√	
8	0.97	0.82	-0.12	0.06	√	
9	0.97	0.82	-0.09	0.07	√	
10	0.97	0.82	-0.05	-0.03	√	
total	0.951	0.841	-0.077	0.041	10	0



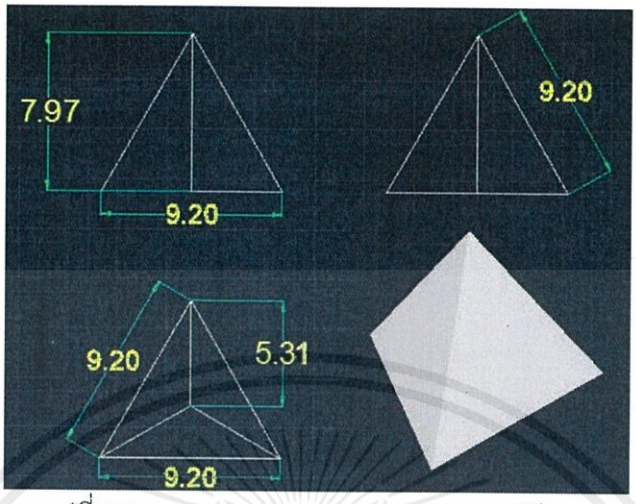
รูปที่ 22 : การชั่งน้ำหนักของวัตถุ3ในอากาศและน้ำทะเล



รูปที่ 23 : ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า



รูปที่ 24 : ภาพฉายและภาพIsometric ของวัตถุ4

ขนาดมวลทดลองในอากาศ: 0.25 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.11 กิโลกรัม
ปริมาตรทดลอง: 1.0417×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร
$F_{B\ model}$(คำนวณ): 1.047 นิวตัน
$F_{B\ model}$(ทดลอง): 1.373 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(คำนวณ): 1.4055 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(ทดลอง): 1.0795 นิวตัน
A_{model}: 0.00367 ตารางเมตร
C_D: 1.28

การหาจุด CG,CB,Centroid

เนื่องจากวัตถุมีการจมทั้งชิ้น ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวมีค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

∴ จุดศูนย์กลางปริมาตร = จุดลอยตัว

$$\bar{x}_{CG} = \frac{[(0+0.046+0.092)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG} = 0.046 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG} = \frac{[((0\times 2)+0.0797)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG} = 0.0265 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG} = \frac{[((0\times 3)+0.0797)\times(0.0625\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG} = 0.02 \text{ เมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด CG: (0.046,0.0265,0.02) เมตร

$$\bar{x}_{CB} = \frac{\left[\left(0+\left(0.046\times 3\right)+0.092\right)\times\left(2.083\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$$\bar{x}_{CB} = 0.046 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB} = \frac{\left[\left(\left(0\times 2\right)+\left(0.0266\times 2\right)+\left(0.0797\right)\right)\times\left(2.083\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

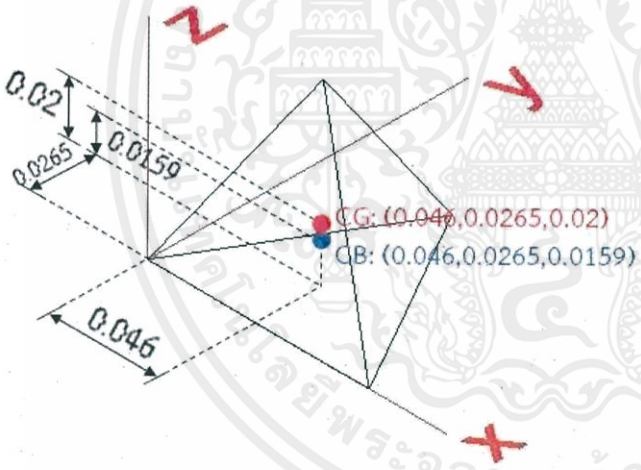
$$\bar{y}_{CB} = 0.0265 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB} = \frac{\left[\left(\left(0\times 4\right)+0.0797\right)\times\left(2.083\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

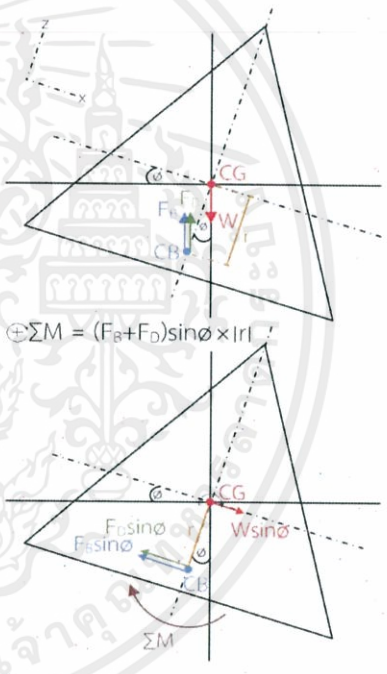
$$\bar{z}_{CB} = 0.0159 \text{ เมตร}$$

จุด Centroid,CB: (0.046,0.0265,0.0159) เมตร

∴ จุดศูนย์ถ่วง ≠ จุดลอยตัว



รูปที่ 25 : ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ4



รูปที่ 26 : ภาพFree Body Diagram ของวัตถุ4

$r_{CB\text{-}CG}$; (0,0,-0.0041) เมตร

|r|: (0,0,0.0041) เมตร

∴ ความเสถียรในการพลิกของวัตถุ; ไม่เสถียร

∴ ผลรวมโมเมนต์: $0.0101\sin\theta$ นิวตัน เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่4:

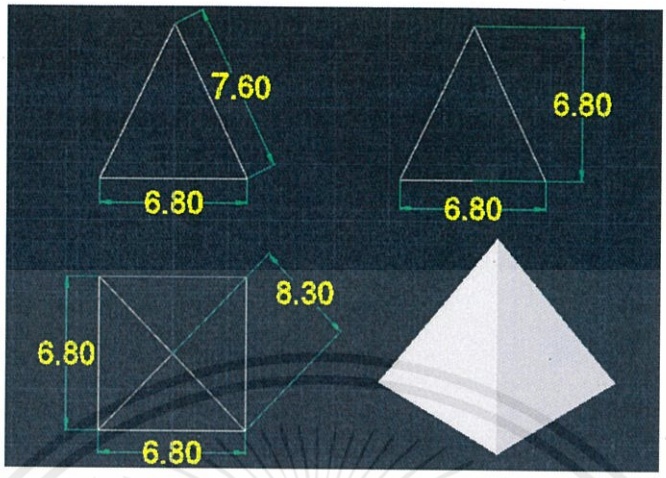
ครั้งที่	เวลาจม (วินาที)	ความเร็วการจม(เมตร/วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (เมตร)		การตั้งของวัตถุ	
			แกนX	แกนY	ตั้งตรง	ล้มเอียง
1	1.23	0.65	-0.33	-0.07	√	
2	1.20	0.67	-0.30	0.07	√	
3	1.13	0.71	-0.24	0.12	√	
4	1.17	0.68	-0.25	0.20	√	
5	1.27	0.63	-0.18	0.24	√	
6	1.20	0.67	-0.31	0.01	√	
7	1.20	0.67	-0.30	0.06	√	
8	1.20	0.67	-0.33	0.14	√	
9	1.20	0.67	-0.27	0.18	√	
10	1.20	0.67	-0.24	0.21	√	
total	1.20	0.669	-0.275	0.116	10	0

รูปที่ 27 : การชั่งน้ำหนักของวัตถุ4ในอากาศและน้ำทะเล

รูปที่ 28 : ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม



รูปที่ 29 : ภาพฉายและภาพIsometric ของวัตถุ5

ขนาดมวลทดลองในอากาศ: 0.25 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.11 กิโลกรัม
ปริมาตรทดลอง: 1.0417×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร
$F_{B\ model}$(คำนวณ): 1.047 นิวตัน
$F_{B\ model}$(ทดลอง): 1.373 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(คำนวณ): 1.4055 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(ทดลอง): 1.0795 นิวตัน
A_{model}: 0.0046 ตารางเมตร
C_D: 0.793
การหาจุด CG,CB,Centroid

เนื่องจากวัตถุมีการจมทั้งชิ้น ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวมีค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

∴ จุดศูนย์กลางปริมาตร = จุดลอยตัว

$$\bar{x}_{CG} = \frac{[(0+0.034+0.068)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG} = 0.034 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG} = \frac{[(0+0.034+0.068)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG} = 0.034 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG} = \frac{[((0\times 3)+0.076)\times(0.0625\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG} = 0.019 \text{ เมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด CG: (0.034,0.034,0.019) เมตร

$$\bar{x}_{CB} = \frac{\left[\left((0\times 2)+(0.034\times 2)+(0.068\times 2)\right)\times\left(1.736\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$$\bar{x}_{CB} = 0.034 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB} = \frac{\left[\left((0\times 2)+(0.034\times 2)+(0.068\times 2)\right)\times\left(1.736\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

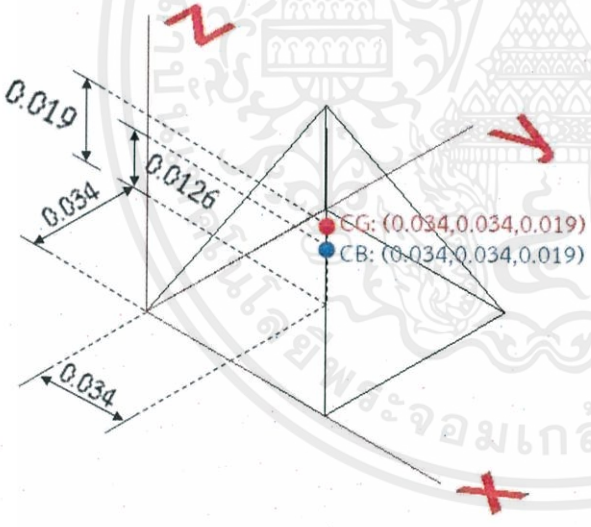
$$\bar{y}_{CB} = 0.034 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB} = \frac{\left[\left((0\times 5)+0.076\right)\times\left(1.736\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

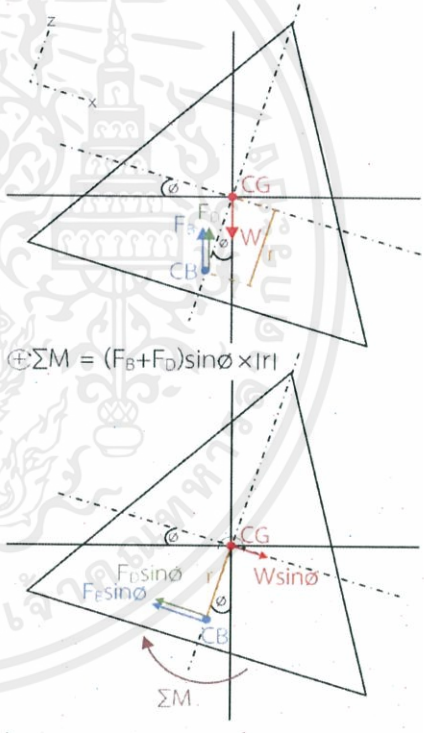
$$\bar{z}_{CB} = 0.0126 \text{ เมตร}$$

จุด Centroid,CB: (0.034,0.034,0.0126) เมตร

$\therefore$ จุดศูนย์ถ่วง $\neq$ จุดลอยตัว



รูปที่ 30 : ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ5



รูปที่ 31 : ภาพFree Body Diagram ของวัตถุ5

r_{CB-CG}; (0,0,-0.0064) เมตร

|r|: (0,0,0.0064) เมตร

ความเสถียรในการพลิกของวัตถุ; ไม่เสถียร

ผลรวมโมเมนต์: $0.0157\sin\theta$ นิวตัน เมตร

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่5 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่5:

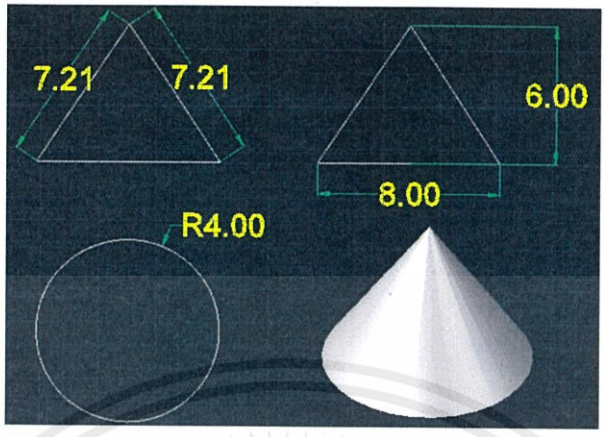
ครั้งที่	เวลาจม (วินาที)	ความเร็วการจม(เมตร/วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (เมตร)		การตั้งของวัตถุ	
			แกนX	แกนY	ตั้งตรง	ล้มเอียง
1	1.03	0.78	0.10	0.09		√
2	1.07	0.75	0.16	0.10		√
3	1.13	0.71	0.15	0.09		√
4	1.07	0.75	0.12	0.10		√
5	1.07	0.75	0.10	0.15		√
6	1.03	0.78	0.11	0.18		√
7	1.03	0.78	0.03	0.09		√
8	1.07	0.75	0.02	0.12		√
9	1.07	0.75	0.15	0.09		√
10	1.00	0.80	0.06	-0.04		√
total	1.057	0.758	0.1	0.097	0	10

รูปที่ 32 : การชั่งน้ำหนักของวัตถุ5 ในอากาศและน้ำทะเล

รูปที่ 33 : ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 รูปทรงของทุ่น: ทรงกรวย



รูปที่ 34 : ภาพฉายและภาพIsometric ของวัตถุ6

ขนาดมวลทดลองในอากาศ: 0.25 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.11 กิโลกรัม
ปริมาตรทดลอง: 1.0417×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร
$F_{B\ model}$(คำนวณ):1.047 นิวตัน
$F_{B\ model}$(ทดลอง): 1.373 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(คำนวณ): 1.4055 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(ทดลอง): 1.0795 นิวตัน
A_{model}: 0.0051 ตารางเมตร
C_D: 0.658
การหาจุด CG,CB,Centroid

เนื่องจากวัตถุมีการจมทั้งชิ้น ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวมีค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

∴ จุดศูนย์กลางปริมาตร = จุดลอยตัว

$$\bar{x}_{CG} = \frac{[(0+0.04+0.08)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG} = 0.04 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG} = \frac{[(0+0.04+0.08)\times(0.083\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG} = 0.04 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG} = \frac{[((0\times 3)+0.06)\times(0.0625\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG} = 0.015 \text{ เมตร}$$

จุด CG: (0.04,0.04,0.015) เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{x}_{CB} = \frac{\left[\left(0+\left(0.04\times 4\right)+0.08\right)\times\left(1.736\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$$\bar{x}_{CB} = 0.04 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB} = \frac{\left[\left(0+\left(0.04\times 4\right)+0.08\right)\times\left(1.736\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

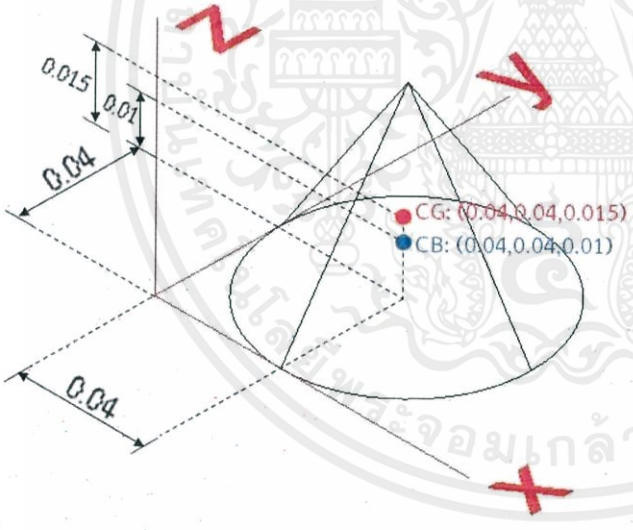
$$\bar{y}_{CB} = 0.04 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB} = \frac{\left[\left(\left(0\times 5\right)+0.06\right)\times\left(1.736\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

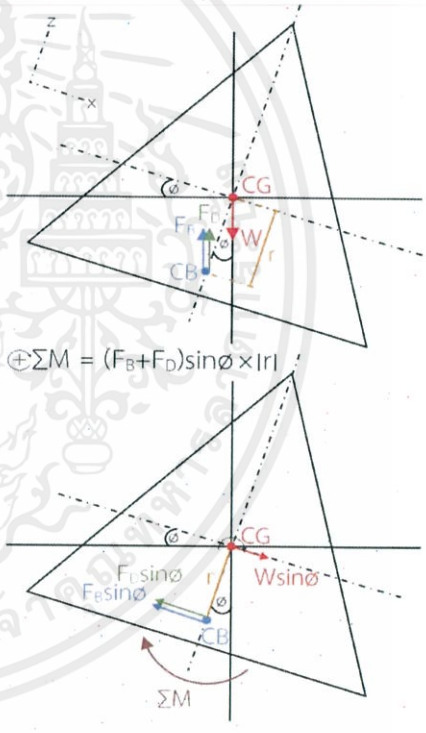
$$\bar{z}_{CB} = 0.01 \text{ เมตร}$$

จุด Centroid,CB: (0.04,0.04,0.01) เมตร

∴ จุดศูนย์ถ่วง ≠ จุดลอยตัว



รูปที่ 35 : ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ6



รูปที่ 36 : ภาพFree Body Diagram ของวัตถุ6

$r_{CB\text{-}CG}$; (0,0,-0.005) เมตร

|r|: (0,0,0.005) เมตร

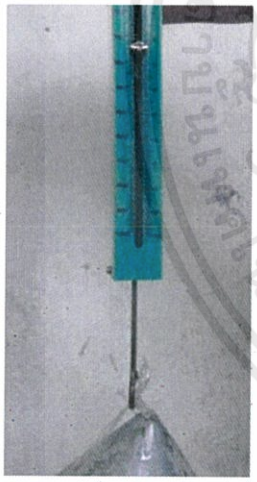
∴ ความเสถียรในการพลิกของวัตถุ; ไม่เสถียร

∴ ผลรวมโมเมนต์: $0.0123\sin\theta$ นิวตัน เมตร

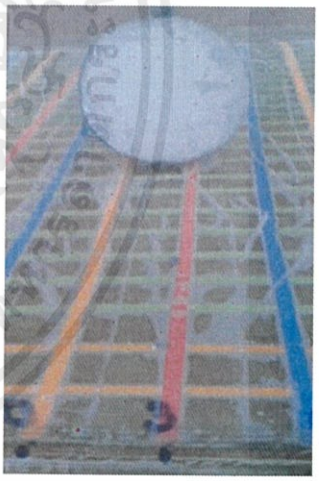
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่6 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่6:

ครั้งที่	เวลาจม (วินาที)	ความเร็วการจม(เมตร/วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (เมตร)		การตั้งของวัตถุ	
			แกนX	แกนY	ตั้งตรง	ล้มเอียง
1	1.03	0.78	-0.05	0.02		√
2	0.97	0.82	-0.15	0.05		√
3	1.00	0.80	-0.14	0.06		√
4	1.03	0.78	-0.03	0.02		√
5	1.03	0.78	-0.03	0.03		√
6	0.97	0.82	-0.06	0.02		√
7	0.97	0.82	-0.05	0.01		√
8	1.00	0.80	-0.06	0.02		√
9	1.00	0.80	-0.06	0.03		√
10	1.03	0.78	-0.04	0.00		√
total	1.003	0.798	-0.067	0.026	0	10



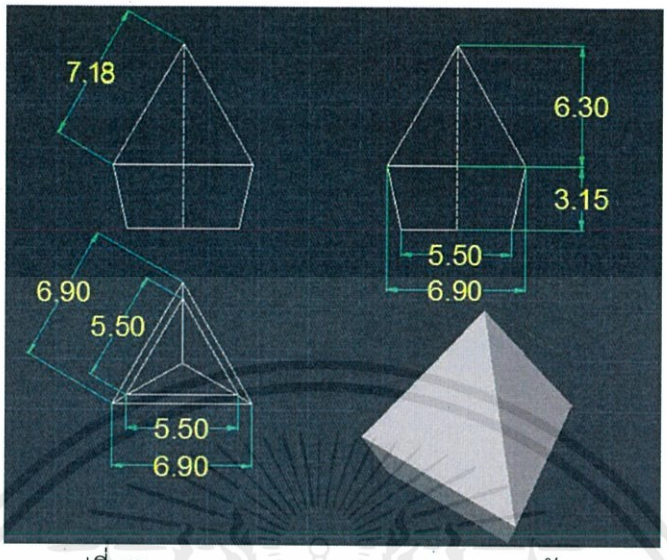
รูปที่ 37 : การชั่งน้ำหนักของวัตถุ6 ในอากาศและน้ำทะเล



รูปที่ 38 : ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสามเหลี่ยมยอดตัดเดี่ยว



รูปที่ 39 : ภาพฉายและภาพIsometric ของวัตถุ7

ขนาดมวลทดลองในอากาศ: 0.25 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.115 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในอากาศชิ้น1: 0.104 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในอากาศชิ้น2: 0.146 กิโลกรัม
ปริมาตรทดลอง: 1.0417×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร
ปริมาตรทดลองชิ้น1: 4.3325×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร
ปริมาตรทดลองชิ้น2: 6.0845×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร
$F_{B\ model}$(คำนวณ): 1.047 นิวตัน
$F_{B\ model}$(ทดลอง): 1.324 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(คำนวณ): 1.4055 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(ทดลอง): 1.1285 นิวตัน
A_{model}: 0.00206 ตารางเมตร
C_D: 2.49

การหาจุด CG,CB,Centroid

เนื่องจากวัตถุมีการจมทั้งชิ้น ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวมีค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

∴ จุดศูนย์กลางปริมาตร = จุดลอยตัว

ทำการแยกคิดวัตถุเป็น2ชิ้น

ชิ้นที่1 : ชิ้นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

ชิ้นที่2 : ชิ้นพีระมิดฐานสามเหลี่ยมปลายตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดCGของชิ้นที่1:

$$\bar{x}_{CG1} = \frac{[(0 + 0.0345 + 0.069) \times (0.0347 \times 9.81)]}{(0.104 \times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG1} = 0.0345 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG1} = \frac{[((0 \times 2) + 0.0598) \times (0.0347 \times 9.81)]}{(0.104 \times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG1} = 0.02 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG1} = \frac{[((0 \times 3) + 0.063) \times (0.026 \times 9.81)]}{(0.104 \times 9.81)} + 0.0315$$

$$\bar{z}_{CG1} = 0.0475 \text{ เมตร}$$

จุดCGของชิ้นที่2:

$$\bar{x}_{CG2} = \frac{[(0 + 0.007 + 0.0345 + 0.062 + 0.069) \times (0.0292 \times 9.81)]}{(0.146 \times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG2} = 0.0345 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG2} = \frac{[((0 \times 2) + 0.0598) \times (0.0478 \times 9.81)]}{(0.146 \times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG2} = 0.02 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG2} = \frac{[((0 \times 2) + (0.0315 \times 3)) \times (0.0292 \times 9.81)]}{(0.146 \times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG2} = 0.019 \text{ เมตร}$$

จุดCGร่วม:

$$\bar{x}_{CG} = \frac{[(0.0345 \times 0.104 \times 9.81) + (0.0345 \times 0.146 \times 9.81)]}{(0.25 \times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG} = 0.0345 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG} = \frac{[(0.02 \times 0.104 \times 9.81) + (0.02 \times 0.146 \times 9.81)]}{(0.25 \times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG} = 0.02 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG} = \frac{[(0.0475 \times 0.104 \times 9.81) + (0.019 \times 0.146 \times 9.81)]}{(0.25 \times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG} = 0.031 \text{ เมตร}$$

จุด CG: (0.0345,0.02,0.031) เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดCentroid,CBของชิ้นที่1:

$$\bar{x}_{CB1} = \frac{[(0 + (0.0345 \times 3) + 0.069) \times (8.665 \times 10^{-6})]}{(4.3325 \times 10^{-5})}$$

$$\bar{x}_{CB1} = 0.0345 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB1} = \frac{\left[\left((0\times 2)+(0.02\times 2)+0.0598\right)\times\left(8.665\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(4.3325\times 10^{-5}\right)}$$

$$\bar{y}_{CB1} = 0.02 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB1} = \frac{\left[\left((0\times 4)+0.063\right)\times\left(8.665\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(4.3325\times 10^{-5}\right)} + 0.0315$$

$$\bar{z}_{CB1} = 0.0445 \text{ เมตร}$$

จุดCentroid,CBของชิ้นที่2:

$$\bar{x}_{CB2} = \frac{\left[\left(0+0.007+(0.0345\times 3)+0.062+0.069\right)\times\left(8.69\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(6.0845\times 10^{-5}\right)}$$

$$\bar{x}_{CB2} = 0.0345 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB2} = \frac{\left[\left((0\times 2)+(0.006\times 2)+0.02+0.0528+0.0598\right)\times\left(8.69\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(6.0845\times 10^{-5}\right)}$$

$$\bar{y}_{CB2} = 0.02 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB2} = \frac{\left[\left((0\times 3)+(0.0315\times 4)\right)\times\left(8.69\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(6.0845\times 10^{-5}\right)}$$

$$\bar{z}_{CB2} = 0.018 \text{ เมตร}$$

จุดCentroid,CBร่วม:

$$\bar{x}_{CB} = \frac{\left(\left(0.0345\times 4.3325\times 10^{-6}\right)+\left(0.0345\times 6.0845\times 10^{-5}\right)\right)}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$$\bar{x}_{CB2} = 0.0345 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB2} = \frac{\left(0.02\times 4.3325\times 10^{-5}\right)\times\left(0.02\times 6.0845\times 10^{-5}\right)}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$$\bar{y}_{CB2} = 0.02 \text{ เมตร}$$

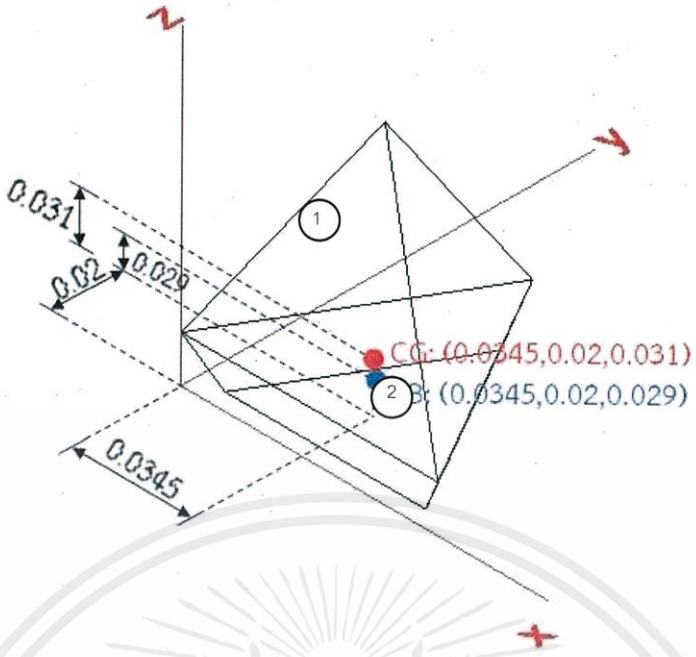
$$\bar{z}_{CB2} = \frac{\left[\left(0.0445\times 4.3325\times 10^{-5}\right)+\left(0.018\times 6.0845\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$$\bar{z}_{CB2} = 0.029 \text{ เมตร}$$

จุด Centroid,CB: (0.0345,0.02,0.029) เมตร

∴ จุดศูนย์ถ่วง ≠ จุดลอยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



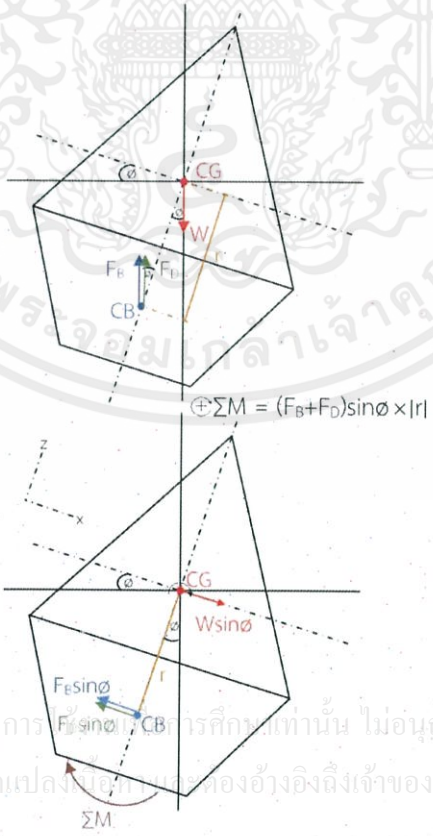
รูปที่ 40 : ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ7

r_{CB-CG}; (0,0,-0.002) เมตร

|r|: (0,0,0.002) เมตร

∴ ความเสถียรในการพลิกของวัตถุ; ไม่เสถียร

∴ ผลรวมโมเมนต์: $0.0049\sin\theta$ นิวตัน เมตร

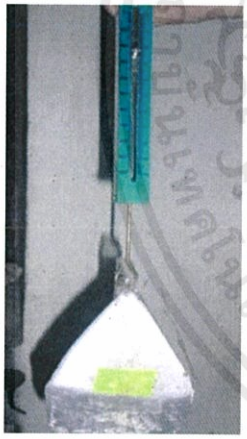


รูปที่ 41 : ภาพFree Body Diagram ของวัตถ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่7 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่7:

ครั้งที่	เวลาจม (วินาที)	ความเร็วการจม(เมตร/วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (เมตร)		การตั้งของวัตถุ	
			แกนX	แกนY	ตั้งตรง	ล้มเอียง
1	1.27	0.63	0.20	0.00		√
2	1.23	0.65	0.13	0.07		√
3	1.27	0.63	0.03	-0.09		√
4	1.33	0.60	0.00	-0.07		√
5	1.17	0.68	0.03	-0.01		√
6	1.20	0.67	-0.01	-0.01		√
7	1.20	0.67	0.15	-0.03		√
8	1.27	0.63	0.15	0.03		√
9	1.17	0.68	0.12	0.12		√
10	1.13	0.71	0.13	0.12		√
total	1.224	0.655	0.093	0.013	0	10

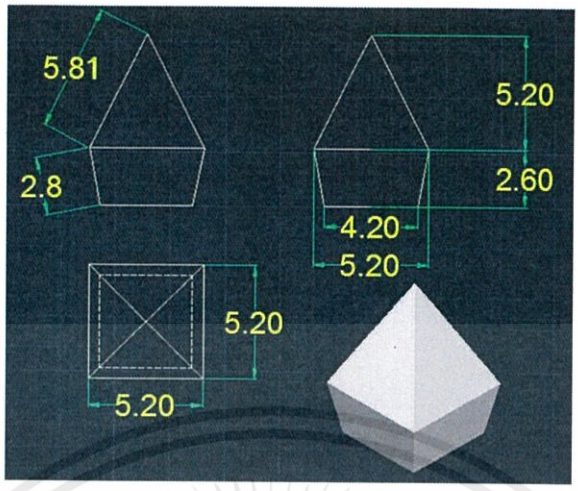


รูปที่ 42 : การชั่งน้ำหนักของวัตถุ7 ในอากาศและน้ำทะเล

รูปที่ 43 : ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 รูปทรงของทุ่น: พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมยอดตัดเดี่ยว



รูปที่ 44 : ภาพฉายและภาพIsometric ของวัตถุ8

ขนาดมวลทดลองในอากาศ: 0.25 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.12 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.12 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในอากาศชิ้น1: 0.112 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในอากาศชิ้น2: 0.138 กิโลกรัม
ปริมาตรทดลอง: 1.0417×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร
ปริมาตรทดลองชิ้น1: 4.687×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร
ปริมาตรทดลองชิ้น2: 5.73×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร
$F_{B\ model}$(คำนวณ): 1.047 นิวตัน
$F_{B\ model}$(ทดลอง):1.275 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(คำนวณ):1.4055 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(ทดลอง): 1.1775 นิวตัน
A_{model}: 0.0027 ตารางเมตร
C_D: 0.89

การหาจุด CG,CB,Centroid

เนื่องจากวัตถุมีการจมทั้งชิ้น ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวมีค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

∴ จุดศูนย์กลางปริมาตร = จุดลอยตัว

ทำการแยกคิดวัตถุเป็น2ชิ้น

ชิ้นที่1 : ชิ้นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม

ชิ้นที่2 : ชิ้นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมปลายตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดCGของชิ้นที่1:

$$\bar{x}_{CG1} = \frac{[(0+0.026+0.052)\times(0.037\times 9.81)]}{(0.112\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG1} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG1} = \frac{[(0+0.026+0.052)\times(0.037\times 9.81)]}{(0.112\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG1} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG1} = \frac{[((0\times 3)+0.052)\times(0.028\times 9.81)]}{(0.112\times 9.81)} + 0.026$$

$$\bar{z}_{CG1} = 0.039 \text{ เมตร}$$

จุดCGของชิ้นที่2:

$$\bar{x}_{CG2} = \frac{[(0+0.005+0.026+0.047+0.052)\times(0.0276\times 9.81)]}{(0.138\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG2} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG2} = \frac{[(0+0.005+0.026+0.047+0.052)\times(0.0276\times 9.81)]}{(0.138\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG2} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG2} = \frac{[((0\times 2)+(0.026\times 3))\times(0.0276\times 9.81)]}{(0.138\times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG2} = 0.0156 \text{ เมตร}$$

จุดCGร่วม:

$$\bar{x}_{CG} = \frac{[(0.026\times 0.112\times 9.81)+(0.026\times 0.138\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG} = \frac{[(0.026\times 0.112\times 9.81)+(0.026\times 0.138\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG} = \frac{[(0.039\times 0.112\times 9.81)+(0.0156\times 0.138\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG} = 0.026 \text{ เมตร}$$

จุด CG: (0.026,0.026,0.026) เมตร

จุดCentroid,CBของชิ้นที่1:

$$\bar{x}_{CB1} = \frac{[((0\times 2)+(0.026\times 2)+(0.052\times 2))\times(7.81\times 10^{-6})]}{(4.687\times 10^{-5})}$$

$$\bar{x}_{CB1} = 0.026 \text{ เมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{y}_{CB1} = \frac{\left[\left((0\times 2)+(0.026\times 2)+(0.052\times 2)\right)\times\left(7.81\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(4.687\times 10^{-5}\right)}$$

$$\bar{y}_{CB1} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB1} = \frac{\left[\left((0\times 5)+0.052\right)\times\left(7.81\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(4.687\times 10^{-5}\right)} + 0.026$$

$$\bar{z}_{CB1} = 0.0347 \text{ เมตร}$$

จุดCentroid,CBของชิ้นที่2:

$$\bar{x}_{CB2} = \frac{\left[\left((0\times 2)+(0.005\times 2)+0.026+(0.047\times 2)+(0.052\times 2)\right)\times\left(6.37\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(5.73\times 10^{-5}\right)}$$

$$\bar{x}_{CB2} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB2} = \frac{\left[\left((0\times 2)+(0.005\times 2)+0.026+(0.047\times 2)+(0.052\times 2)\right)\times\left(6.37\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(5.73\times 10^{-5}\right)}$$

$$\bar{y}_{CB2} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB2} = \frac{\left[\left((0\times 4)+(0.026\times 5)\right)\times\left(6.37\times 10^{-6}\right)\right]}{\left(5.73\times 10^{-5}\right)}$$

$$\bar{z}_{CB2} = 0.014 \text{ เมตร}$$

จุดCentroid,CBร่วม:

$$\bar{x}_{CB} = \frac{\left(\left(0.026\times 4.687\times 10^{-6}\right)+\left(0.026\times 5.73\times 10^{-5}\right)\right)}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$$\bar{x}_{CB2} = 0.026 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB2} = \frac{\left(0.026\times 4.687\times 10^{-5}\right)\times\left(0.026\times 5.73\times 10^{-5}\right)}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$$\bar{y}_{CB2} = 0.026 \text{ เมตร}$$

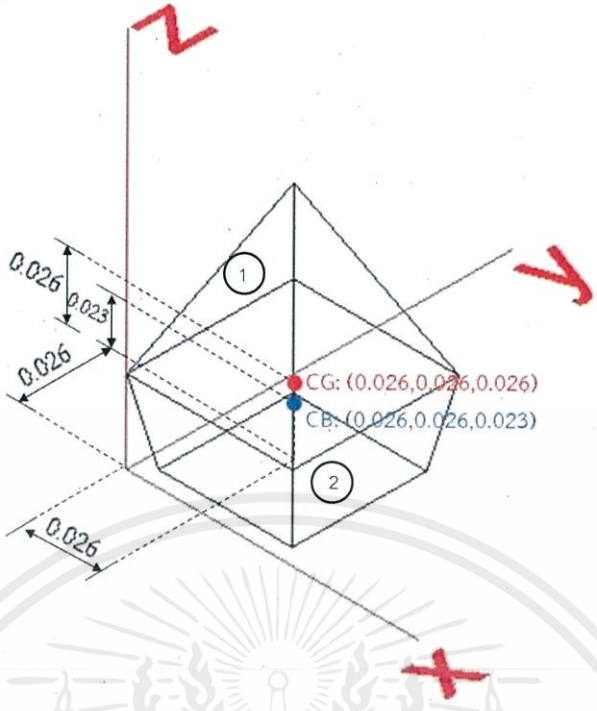
$$\bar{z}_{CB2} = \frac{\left[\left(0.0347\times 4.687\times 10^{-5}\right)+\left(0.014\times 5.73\times 10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times 10^{-4}\right)}$$

$$\bar{z}_{CB2} = 0.023 \text{ เมตร}$$

จุด Centroid,CB: (0.026,0.026,0.023) เมตร

$\therefore$ จุดศูนย์ถ่วง $\neq$ จุดลอยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



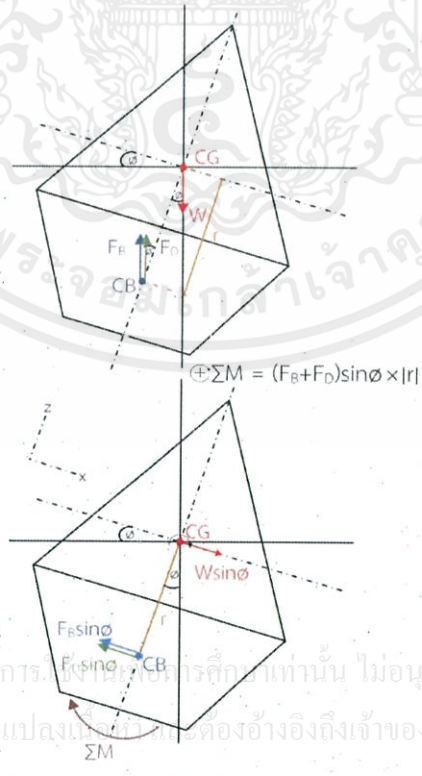
รูปที่ 45 : ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ8

r_{CB-CG}; (0,0,-0.003) เมตร

|r|: (0,0,0.003) เมตร

∴ ความเสถียรในการพลิกของวัตถุ; ไม่เสถียร

∴ ผลรวมโมเมนต์: $0.0074\sin\theta$ นิวตัน เมตร

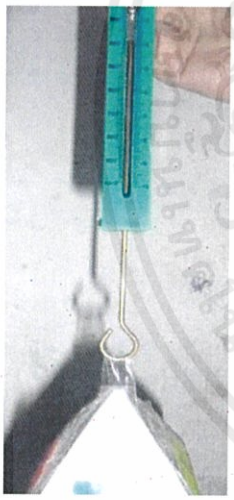


รูปที่ 46 : ภาพFree Body Diagram ของวัตถุ8

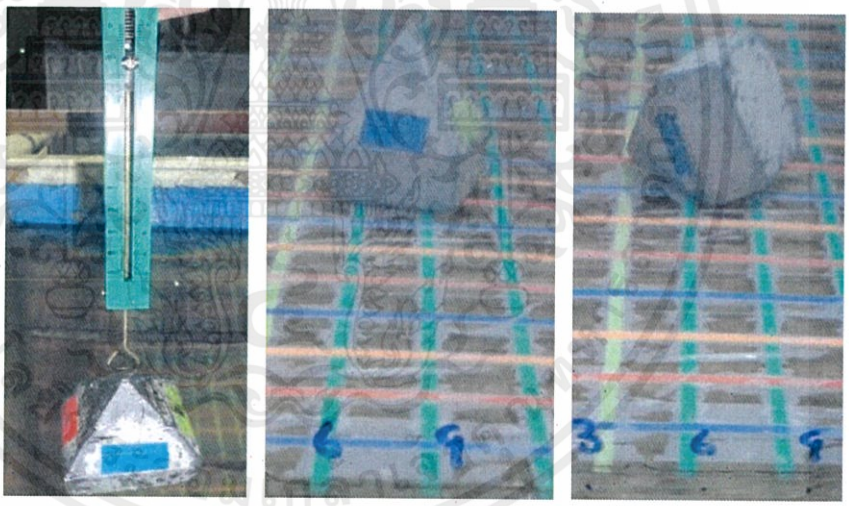
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่8 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่8:

ครั้งที่	เวลาจม (วินาที)	ความเร็วการจม(เมตร/วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (เมตร)		การตั้งของวัตถุ	
			แกนX	แกนY	ตั้งตรง	ล้มเอียง
1	0.80	1.00	0.06	-0.03		√
2	0.80	1.00	0.07	0.09		√
3	0.77	1.04	0.08	0.11	√	
4	0.70	1.14	-0.06	-0.15		√
5	0.87	0.92	0.09	0.15		√
6	0.83	0.96	0.06	0.12	√	
7	0.90	0.89	-0.24	-0.27		√
8	0.83	0.96	0.06	0.00		√
9	0.83	0.96	0.10	0.00	√	
10	0.90	0.89	0.08	0.06		√
total	0.823	0.976	0.03	0.008	3	7



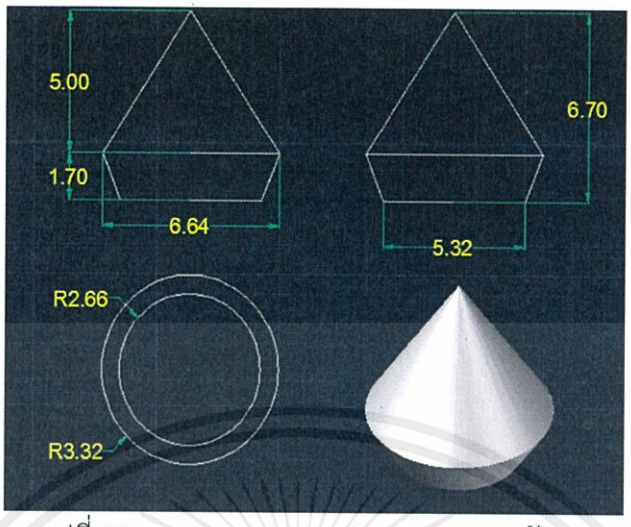
รูปที่ 47 : การชั่งน้ำหนักของวัตถุ 8 ในอากาศและน้ำทะเล



รูปที่ 48 : ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 รูปทรงของทุ่น: ทรงกรวยยอดตัดเดี่ยว



รูปที่ 49 : ภาพฉายและภาพIsometric ของวัตถุ9

ขนาดมวลทดลองในอากาศ: 0.25 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในน้ำ: 0.115 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในอากาศชิ้น1: 0.138 กิโลกรัม
ขนาดมวลทดลองในอากาศชิ้น2: 0.112 กิโลกรัม
ปริมาตรทดลอง: 1.0417×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร
ปริมาตรทดลองชิ้น1: 5.77×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร
ปริมาตรทดลองชิ้น2: 4.647×10^{-5} ลูกบาศก์เมตร
$F_{B\ model}$(คำนวณ): 1.047 นิวตัน
$F_{B\ model}$(ทดลอง): 1.324 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(คำนวณ):1.4055 นิวตัน
$F_{D\ mode}$(ทดลอง): 1.1285 นิวตัน
A_{model}: 0.00346 ตารางเมตร
C_D: 0.60

การหาจุด CG,CB,Centroid

เนื่องจากวัตถุมีการจมทั้งชิ้น ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมในของเหลวมีค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของวัตถุ

∴ จุดศูนย์กลางปริมาตร = จุดลอยตัว

ทำการแยกคิดวัตถุเป็น2ชิ้น

ชิ้นที่1 : ชิ้นกรวย

ชิ้นที่2 : ชิ้นกรวยปลายตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดCGของชิ้นที่1:

$$\bar{x}_{CG1} = \frac{[(0+0.0332+0.0664)\times(0.046\times 9.81)]}{(0.138\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG1} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG1} = \frac{[(0+0.0332+0.0664)\times(0.046\times 9.81)]}{(0.138\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG1} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG1} = \frac{[((0\times 3)+0.05)\times(0.0345\times 9.81)]}{(0.138\times 9.81)} + 0.017$$

$$\bar{z}_{CG1} = 0.0295 \text{ เมตร}$$

จุดCGของชิ้นที่2:

$$\bar{x}_{CG2} = \frac{[(0+0.007+0.0332+0.0598+0.0664)\times(0.0224\times 9.81)]}{(0.112\times 9.81)}$$

$$\bar{x}_{CG2} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG2} = \frac{[(0+0.007+0.0332+0.0598+0.0664)\times(0.0224\times 9.81)]}{(0.112\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG2} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG2} = \frac{[((0\times 2)+(0.017\times 3))\times(0.0224\times 9.81)]}{(0.112\times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG2} = 0.0102 \text{ เมตร}$$

$$\bar{x}_{CG} = \frac{[(0.0332\times 0.138\times 9.81)+(0.0332\times 0.112\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

จุดCGร่วม:

$$\bar{x}_{CG} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CG} = \frac{[(0.0332\times 0.138\times 9.81)+(0.0332\times 0.112\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{y}_{CG} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CG} = \frac{[(0.0295\times 0.138\times 9.81)+(0.0102\times 0.112\times 9.81)]}{(0.25\times 9.81)}$$

$$\bar{z}_{CG} = 0.0208 \text{ เมตร}$$

จุด CG: (0.0332,0.0332,0.0208) เมตร

จุดCentroid,CBของชิ้นที่1:

$$\bar{x}_{CB1} = \frac{[(0+(0.0332\times 4)+0.0664)\times(9.62\times 10^{-6})]}{(5.77\times 10^{-5})}$$

$$\bar{x}_{CB1} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{y}_{CB1} = \frac{\left[\left(0+\left(0.0332\times 4\right)+0.0664\right)\times\left(9.62\times10^{-6}\right)\right]}{\left(5.77\times10^{-5}\right)}$$

$$\bar{y}_{CB1} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB1} = \frac{\left[\left(\left(0\times 5\right)+0.05\right)\times\left(9.62\times10^{-6}\right)\right]}{\left(5.77\times10^{-5}\right)} + 0.017$$

$$\bar{z}_{CB1} = 0.0253 \text{ เมตร}$$

จุดCentroid,CBของชิ้นที่2:

$$\bar{x}_{CB2} = \frac{\left[\left(0+0.0066+\left(0.0332\times 5\right)+0.0598+0.0664\right)\times\left(5.16\times10^{-6}\right)\right]}{\left(4.647\times10^{-5}\right)}$$

$$\bar{x}_{CB2} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB2} = \frac{\left[\left(0+0.0066+\left(0.0332\times 5\right)+0.0598+0.0664\right)\times\left(5.16\times10^{-6}\right)\right]}{\left(4.647\times10^{-5}\right)}$$

$$\bar{y}_{CB2} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB2} = \frac{\left[\left(\left(0\times 4\right)+\left(0.017\times 5\right)\right)\times\left(5.16\times10^{-6}\right)\right]}{\left(4.647\times10^{-5}\right)}$$

$$\bar{z}_{CB2} = 0.0094 \text{ เมตร}$$

จุดCentroid,CBร่วม:

$$\bar{x}_{CB} = \frac{\left(\left(0.0332\times 5.77\times10^{-5}\right)+\left(0.0332\times 4.647\times10^{-5}\right)\right)}{\left(1.0417\times10^{-4}\right)}$$

$$\bar{x}_{CB2} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{y}_{CB2} = \frac{\left(0.0332\times 5.77\times10^{-5}\right)\times\left(0.026\times 5.73\times10^{-5}\right)}{\left(1.0417\times10^{-4}\right)}$$

$$\bar{y}_{CB2} = 0.0332 \text{ เมตร}$$

$$\bar{z}_{CB2} = \frac{\left[\left(0.0253\times 5.77\times10^{-5}\right)+\left(0.0094\times 4.647\times10^{-5}\right)\right]}{\left(1.0417\times10^{-4}\right)}$$

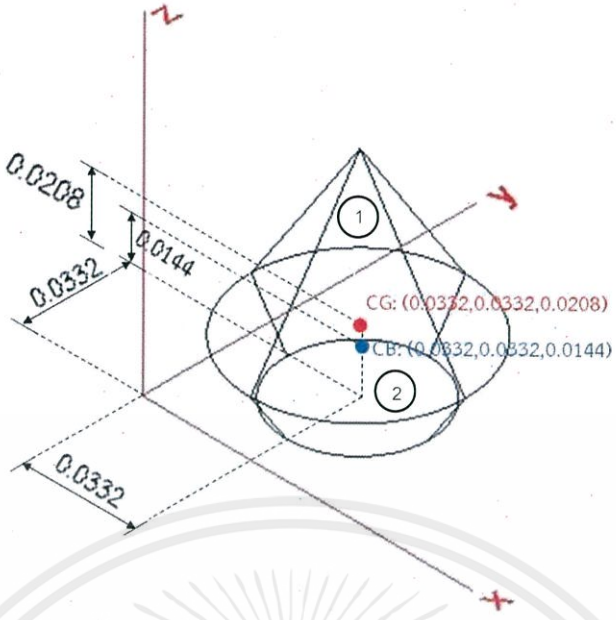
$$\bar{z}_{CB2} = 0.0144 \text{ เมตร}$$

∴ จุดCB: (0.0332,0.0332,0.0144) เมตร

จุด Centroid,CB: (0.0332,0.0332,0.0144) เมตร

∴ จุดศูนย์ถ่วง ≠ จุดลอยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



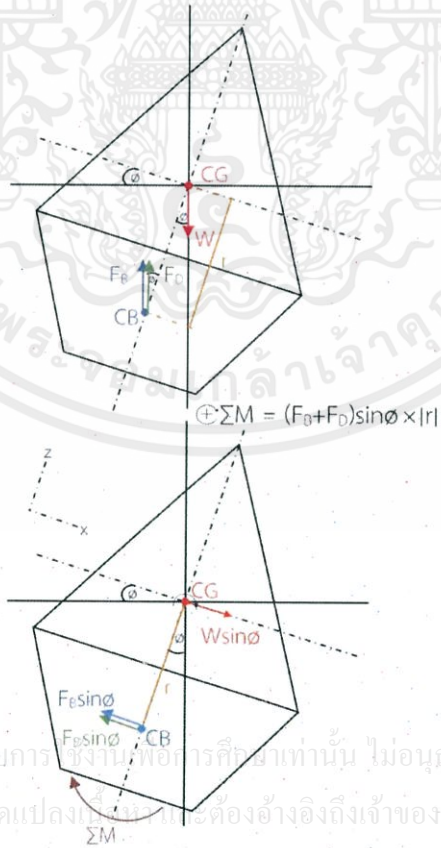
รูปที่ 50 : ตำแหน่งจุด CG,CB ของวัตถุ9

r_{CB-CG}; (0,0,-0.0064) เมตร

|r|: (0,0,0.0064) เมตร

∴ ความเสถียรในการพลิกของวัตถุ; ไม่เสถียร

∴ ผลรวมโมเมนต์: $0.0157\sin\theta$ นิวตัน เมตร

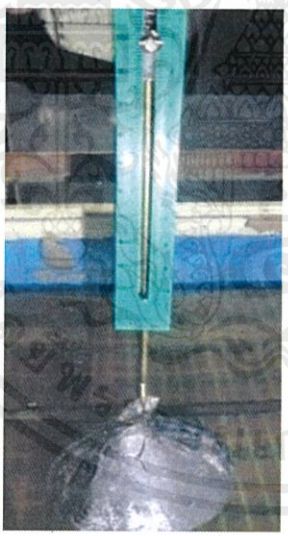


รูปที่ 51 : ภาพFree Body Diagram ของวัตถุ9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่9 ตารางบันทึกผลการจมวัตถุที่9:

ครั้งที่	เวลาจม (วินาที)	ความเร็วการจม(เมตร/วินาที)	ความคลาดเคลื่อน (เมตร)		การตั้งของวัตถุ	
			แกนX	แกนY	ตั้งตรง	ล้มเอียง
1	0.73	1.10	0.12	0.06		√
2	0.80	1.00	0.12	0.00		√
3	0.80	1.00	0.00	-0.02		√
4	0.77	1.04	-0.03	0.04		√
5	0.77	1.04	0.15	0.12	√	
6	0.77	1.04	-0.06	0.00		√
7	0.80	1.00	-0.02	0.00		√
8	0.77	1.04	-0.17	-0.04	√	
9	0.77	1.04	-0.06	0.06		√
10	0.80	1.00	0.09	0.09		√
total	0.778	1.03	0.014	0.031	2	8



รูปที่ 52 : การชั่งน้ำหนักของวัตถุ9 ในอากาศและน้ำทะเล

รูปที่ 53 : ภาพตัวอย่างการจมของวัตถุ9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

5.1.1) การตั้งตรงของวัตถุ

จากการทดลองพบว่า วัตถุที่มี%ในการตั้งตรงมากที่สุดจากมากไปน้อย คือ 1,3,4,2,8,9,5,6,7 โดยในที่นี้ วัตถุในกลุ่มที่1มี%ในการตั้งตรงมากที่สุด

ตารางที่10 ตารางสรุปผลการตั้งตรง

วัตถุ	Centroid,Center of Buoyancy			Center of gravity			r_{CB-CG}			% การตั้งตรง
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	
1	0.035	0.0202	0.0165	0.035	0.0202	0.0165	0	0	0	100
2	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0	0	0	90
3	0.05	0.05	0.011	0.05	0.05	0.011	0	0	0	100
4	0.046	0.0265	0.0159	0.046	0.0265	0.02	0	0	-0.0041	100
5	0.034	0.034	0.0126	0.034	0.034	0.019	0	0	-0.0064	0
6	0.04	0.04	0.01	0.04	0.04	0.015	0	0	-0.005	0
7	0.0345	0.021	0.029	0.0345	0.021	0.031	0	0	-0.002	0
8	0.026	0.026	0.023	0.026	0.026	0.026	0	0	-0.003	30
9	0.0332	0.0332	0.0144	0.0332	0.0332	0.0208	0	0	-0.0064	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2) โมเมนต์ของวัตถุ

จากการทดลองนี้ พบว่าวัตถุที่มีโมเมนต์มากที่สุดไปถึงน้อยที่สุดคือ วัตถุชิ้นที่ 9,5,6,8,7,4,1,2,3 ตามลำดับ

ตารางที่11 ตารางสรุปผลโมเมนต์ของวัตถุ

วัตถุ	Mg ของวัตถุในอากาศ (นิวตัน)	Mg ของวัตถุในน้ำ (นิวตัน)	การคำนวณ			การทดลอง			% ความผิดพลาดของ F_B	% ความผิดพลาดของ F_D	r (เมตร)	โมเมนต์ (ทิศตามเข็มฯ) (นิวตันเมตร)
			F_B	F_D	ΣF	F_B	F_D	ΣF				
1	2.4525	1.128	1.047	1.4055	2.4525	1.324	1.1285	2.4525	20.92	24.54	0	0
2	2.4525	1.177	1.047	1.4055	2.4525	1.275	1.1775	2.4525	17.89	19.36	0	0
3	2.4525	1.177	1.047	1.4055	2.4525	1.275	1.1775	2.4525	17.89	19.36	0	0
4	2.4525	1.079	1.047	1.4055	2.4525	1.373	1.0795	2.4525	23.74	30.20	0.0041	0.0101 sinø
5	2.4525	1.079	1.047	1.4055	2.4525	1.373	1.0795	2.4525	23.74	30.20	0.0064	0.0157 sinø
6	2.4525	1.079	1.047	1.4055	2.4525	1.373	1.0795	2.4525	23.74	30.20	0.005	0.0123 sinø
7	2.4525	1.128	1.047	1.4055	2.4525	1.324	1.1285	2.4525	20.92	24.54	0.002	0.0049 sinø
8	2.4525	1.177	1.047	1.4055	2.4525	1.275	1.1775	2.4525	17.89	19.36	0.0063	0.0074 sinø
9	2.4525	1.128	1.047	1.4055	2.4525	1.324	1.1285	2.4525	20.92	24.54	0.0064	0.0157 sinø

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3) ความคลาดเคลื่อนตามแนวแกน

จากการทดลองพบว่า วัตถุที่มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ X-Y มากไปน้อย คือ วัตถุ ชิ้นที่ 4,2,5,1,3,7,6,9,8 ซึ่งวัตถุที่มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ X-Y น้อยที่สุด มีผลทำให้วัตถุตกลงสู่ตำแหน่งวางทุ่นได้แม่นยำที่สุด

ตารางที่12 ตารางสรุปผลความคลาดเคลื่อนตามแนวแกน

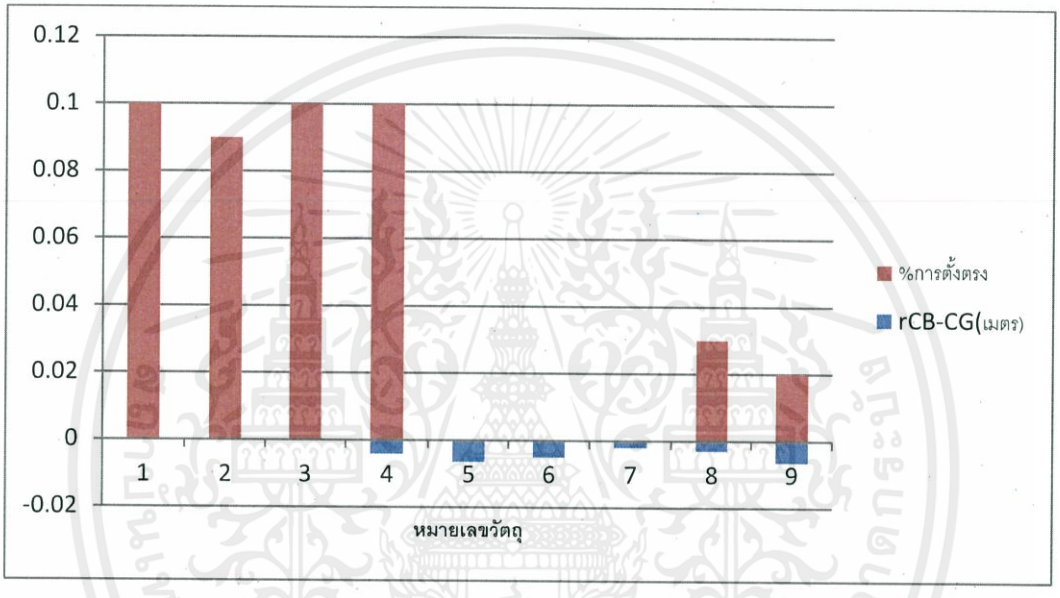
วัตถุ	ความคลาดเคลื่อนตามแนวแกน (เมตร)		ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ X-Y (เมตร)
	แกนX	แกนY	
ชนิด1	-0.068	-0.057	0.0625
ชนิด2	-0.192	0.033	0.1125
ชนิด3	-0.077	0.041	0.0590
ชนิด4	-0.275	0.116	0.1995
ชนิด5	0.100	0.097	0.0985
ชนิด6	-0.067	0.026	0.0465
ชนิด7	0.093	0.013	0.0530
ชนิด8	0.030	0.008	0.019
ชนิด9	0.014	0.031	0.0225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ

5.2.1) การตั้งตรงของวัตถุ

จากการทดลองพบว่า วัตถุในกลุ่มที่1มี%ในการตั้งตรงมากที่สุด เนื่องจากวัตถุมีสภาพความเสถียรในการจม ที่เป็นกลาง เพราะมีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ในตำแหน่งเดียวกับจุดลอยตัว, จุดศูนย์กลางปริมาตร ทำให้เมื่อจมวัตถุจะไม่เกิดการหมุนเพิ่ม จึงไม่เกิดการพลิกระหว่างการจม ในขณะที่วัตถุในกลุ่มที่2และ3 เกิดการหมุนขึ้นเนื่องจากมีจุดลอยตัวอยู่ต่ำกว่าจุดศูนย์ถ่วง เพื่อให้วัตถุเกิดความเสถียรในการจม จุดลอยตัวจึงพยายามเคลื่อนให้อยู่สูงจุดศูนย์ถ่วง จึงทำให้วัตถุเกิดการหมุนซึ่งเป็นไปตาทฤษฎีว่าด้วยความเสถียรในการจมของรูปทรง

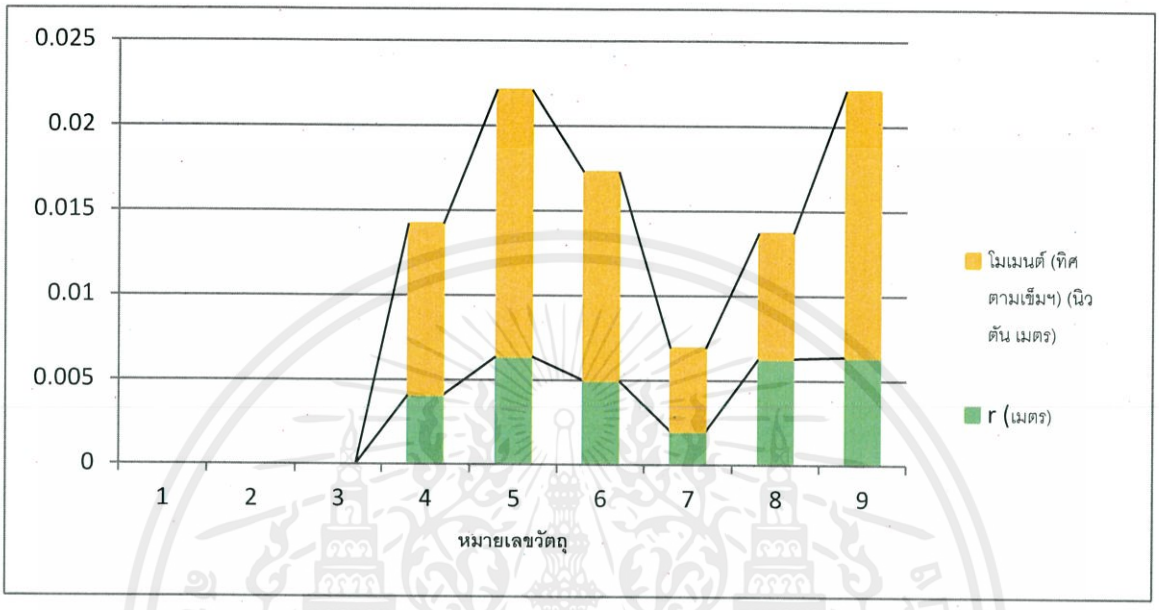


รูปที่ 54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดทุ่นเทียบกับระยะทางระหว่างจุดศูนย์ถ่วงกับจุดลอยตัว และ%การตั้งตรงของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2) โมเมนต์ของวัตถุ

จากการทดลองพบว่า ระยะทางระหว่างจุดหมุน(จุดศูนย์ถ่วง)ถึงจุดที่มีแรงต้านการจมกระทำ(จุดลอยตัว,จุดศูนย์กลางปริมาตร) มีผลทำให้วัตถุเกิดโมเมนต์ หากวัตถุมีระยะห่างระหว่างจุดหมุนถึงจุดที่มีแรงกระทำมาก ก็จะยิ่งส่งผลให้วัตถุเกิดโมเมนต์มากขึ้น วัตถุจึงมีการหมุนมากขึ้นตามไปด้วย

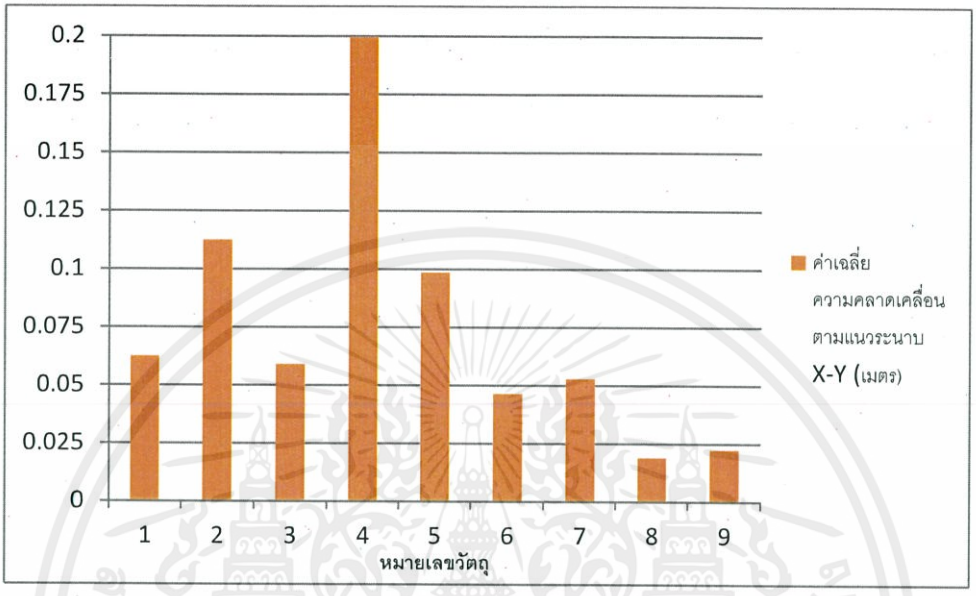


รูปที่ 55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดทุ่นเทียบกับระยะทางระหว่างจุดหมุน (Center of gravity) ถึงจุดที่มีแรงกระทำ(Centroid)และและโมเมนต์ของวัตถุ โดยในที่นี้ กำหนดให้ sinø = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3) ความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ X-Y

จากการทดลองพบว่า วัตถุที่มีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์ถ่วงกับจุดลอยตัวน้อยที่สุดจะมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบ X-Y น้อยที่สุด อันเป็นผลเนื่องจากเมื่อวัตถุมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์ถ่วงกับจุดลอยตัวน้อย จะทำให้เกิดโมเมนต์ในการหมุนน้อยตาม วัตถุจึงไม่หมุนขณะจม มีผลทำให้วัตถุตกลงสู่ตำแหน่งวางทุ่นได้แม่นยำที่สุด



รูปที่ 56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดทุ่นเทียบกับความคลาดเคลื่อนตามแนวระนาบX-Yของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ขั้นตอนของการศึกษา

6.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นก่อนหน้า

รวบรวมข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ออกแบบวัตถุในการทดลอง

ทำการออกแบบและสร้างทะเลเทียมเพื่อใช้ในการทดลองในขั้นต่อไป

ออกแบบและทำการสร้างวัตถุจำลองรูปทรงต่างๆในขนาดย่อส่วน

ทำการทดลองวัตถุรูปทรงต่างๆ

สรุปผลการทดลอง

รูปเล่มรายงานผลการทดลอง และเตรียมการนำเสนอ

นำเสนอผลการทดลอง

6.2 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ตารางที่ 13 :ตารางแสดงเวลาการทำงานในภาคเรียนที่1

หัวข้อ	ระยะเวลาการทำงาน				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1.ศึกษาปัญหา	←	→			
2.รวบรวมข้อมูลและทฤษฎี		←	—	→	
3.ออกแบบทะเลเทียม			←	—	→

ตารางที่ 14 :ตารางแสดงเวลาการทำงานในภาคเรียนที่2

หัวข้อ	ระยะเวลาการทำงาน					
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1.แก้ไข/เพิ่มเติมข้อมูลและทฤษฎี	←	—	→			
2.สร้างทะเลเทียม		←	—	—	—	→
3. ออกแบบวัตถุและคำนวณผล		←	—	—	—	→
4.ทำการทดลองและสรุปค่าต่างๆ				←	—	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1 รายงาน

[1] นายสุวรรณ พิทักษ์สินธร (2549),*คู่มือการติดตั้งทุ่นจอดเรือชนิดฐานซีเมนต์*, หน้า 1-5

[2] คุณอัมรินทร์ อินทรสมบัติ (2551),*การติดตั้งทุ่นสมอกลับเพื่อการอนุรักษ์แนวปะการังในเขตอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะช้าง*,รายงานขอประเมินเป็นนักวิชาการป่าไม้ 7 ว,หน้า 1

[3] ดร.เสริมศักดิ์ อยู่เย็น (2557),*นวัตกรรมทุ่นคอนกรีตใต้ทะเลพิทักษ์แนวปะการัง (Innovation of Submarine Bouy for Coral Reef Protection)*,โครงการพัฒนาและติดตั้งทุ่นจอดเรือในอุทยานแห่งชาติทางทะเล, หน้า 20-32

9.2 หนังสือ

[4] Bruce R. Munson, Donald F.mYoung,Theodore H. Okiishi and Wade W. Huebsch,Fundamentals of Fluid Mechanics 6th Edition, John Wiley & Sons, New York.

9.3 เว็บไซต์

[5] หมั่นโพธิ์วิจิตร,คลื่นมหาสมุทร,
http://www.marine.tmd.go.th/thai/oceanwave-thai.html
access on 15/01/2015

[6] มหาวิทยาลัยศิลปกร,จุดCGCentroid,
www.eng.su.ac.th/me/elearning/Chemical/Chapter7%20updated.html
access on 04/02/2015

[7] Michael Sebastian, Calculate Aquarium
Thickness, http://www.plasticgenius.com/2009/05/calculate-aquarium-thickness.html
access on 10/02/2015

[8] Kenneth R. Koehler, Friction and Drag,
http://www.biophysics.uwa.edu.au/e_book/2d.html
access on 10/03/2015

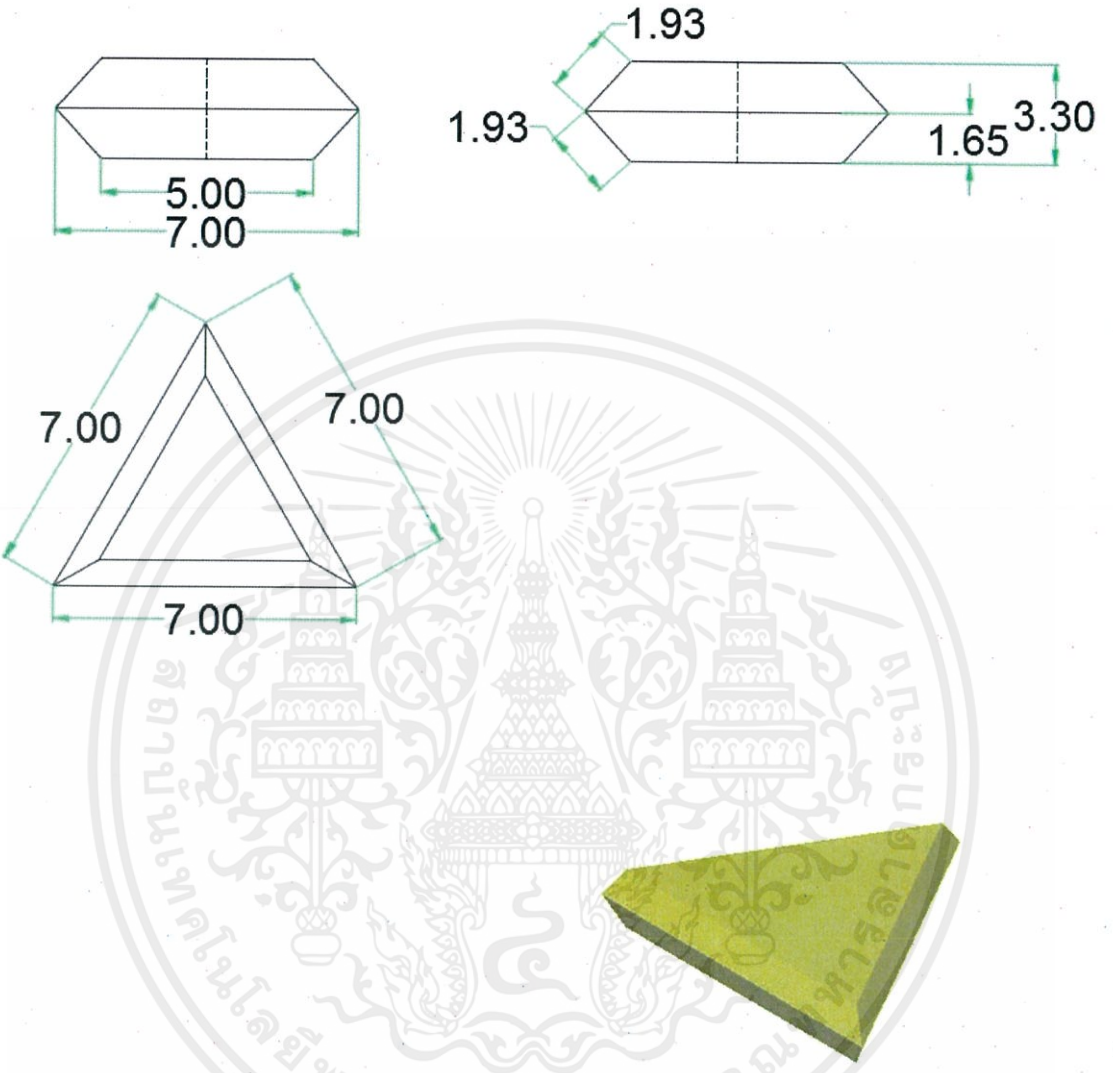
[9] ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, สูตรการไหลของเชซี
http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Fluid/HTML/unit_61.htm
access on 15/03/2015

[10] Nptel, Stability of Unconstrained Submerged Bodies in Fluid,
http://www.nptel.ac.in/courses/112104118/lecture5/56_stability_submerged_fluid.htm
access on 27/06/2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

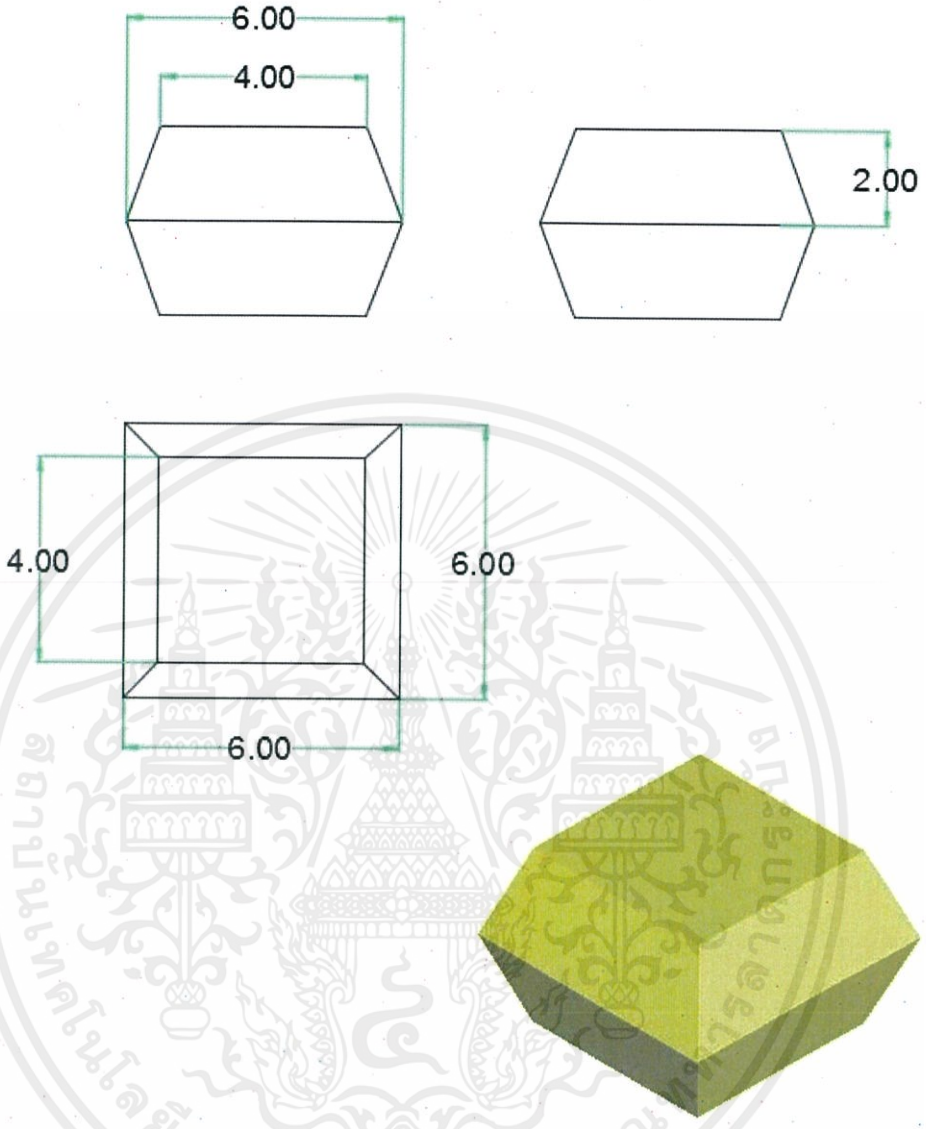
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PROJECT	THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER	
DATE	17/07/2015	Drawing No. 1
Scale 1:1	Concrete	

รูปที่ ก-1 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ1

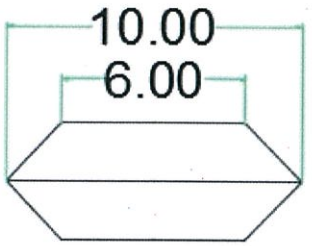
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

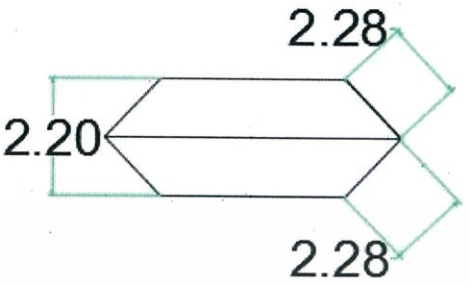


PROJECT	THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER	
DATE	17/07/2015	Drawing No. 2
Scale 1:1	Concrete	

รูปที่ ก-2 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

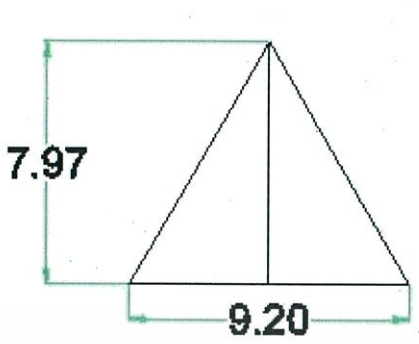


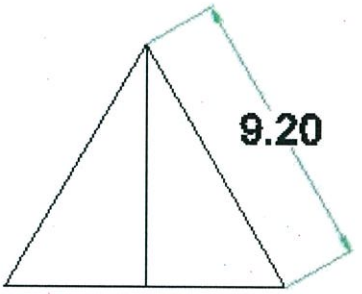


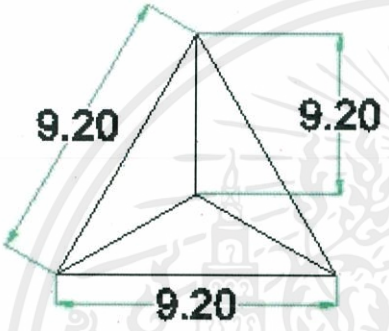
PROJECT	THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER	
DATE	17/07/2015	Drawing No. 3
Scale 1:1	Concrete	

รูปที่ ก-3 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



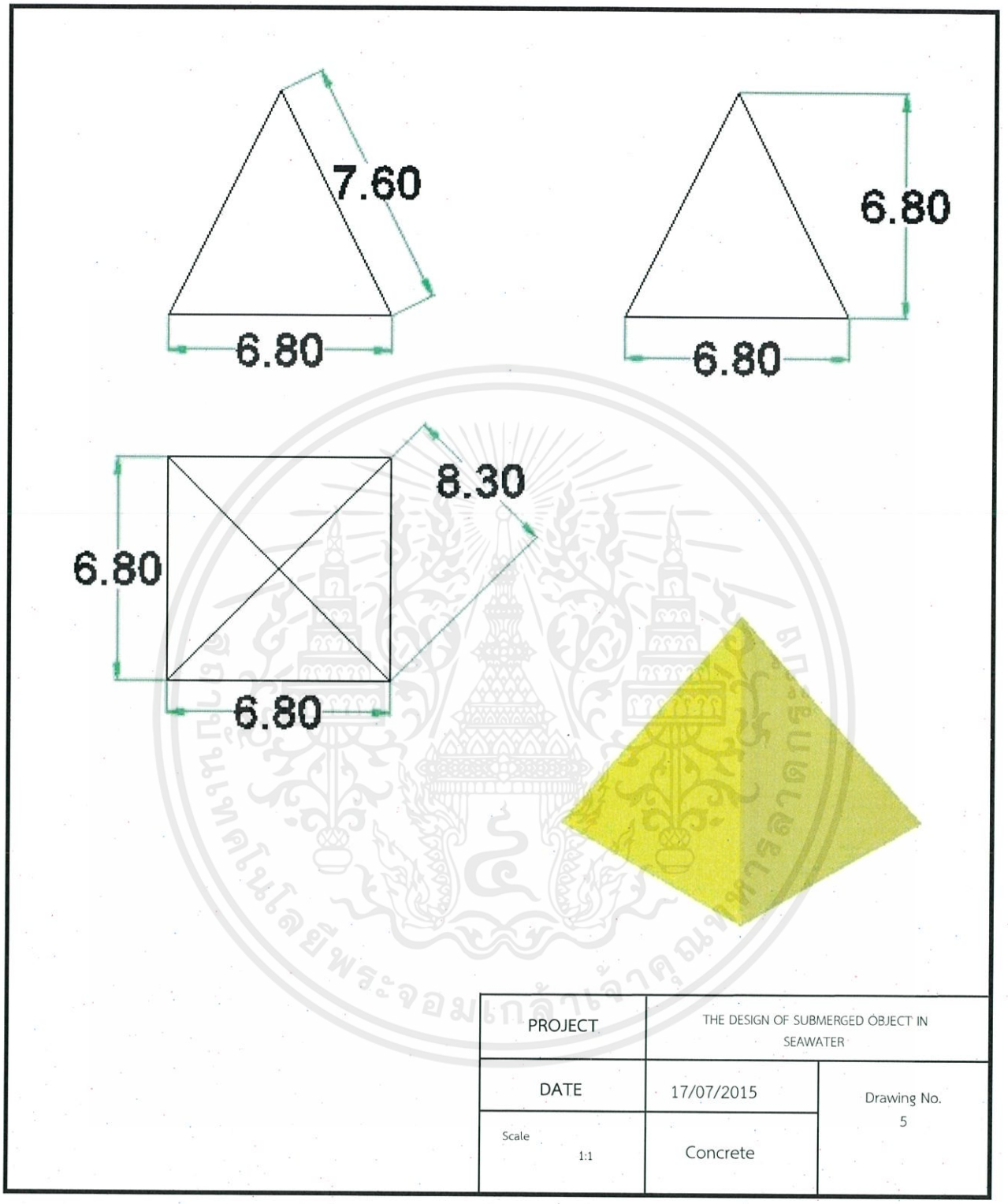




PROJECT	THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER	
DATE	17/07/2015	Drawing No. 4
Scale 1:1	Concrete	

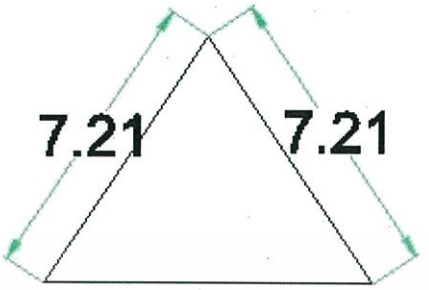
รูปที่ ก-4 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ4

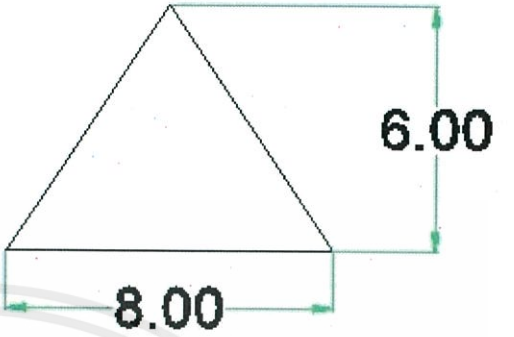
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-5 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

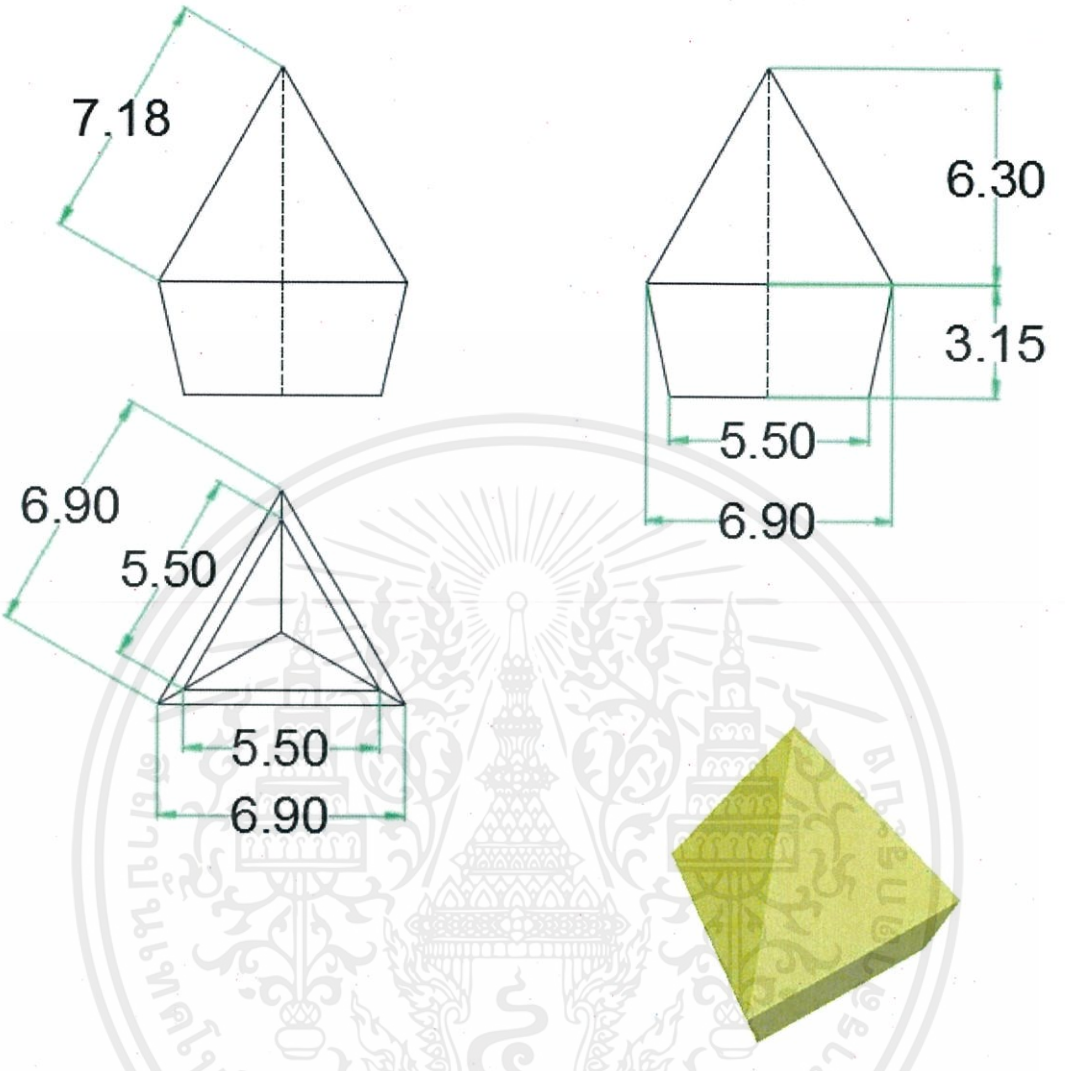




PROJECT	THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER	
DATE	17/07/2015	Drawing No. 6
Scale 1:1	Concrete	

รูปที่ ก-6 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ6

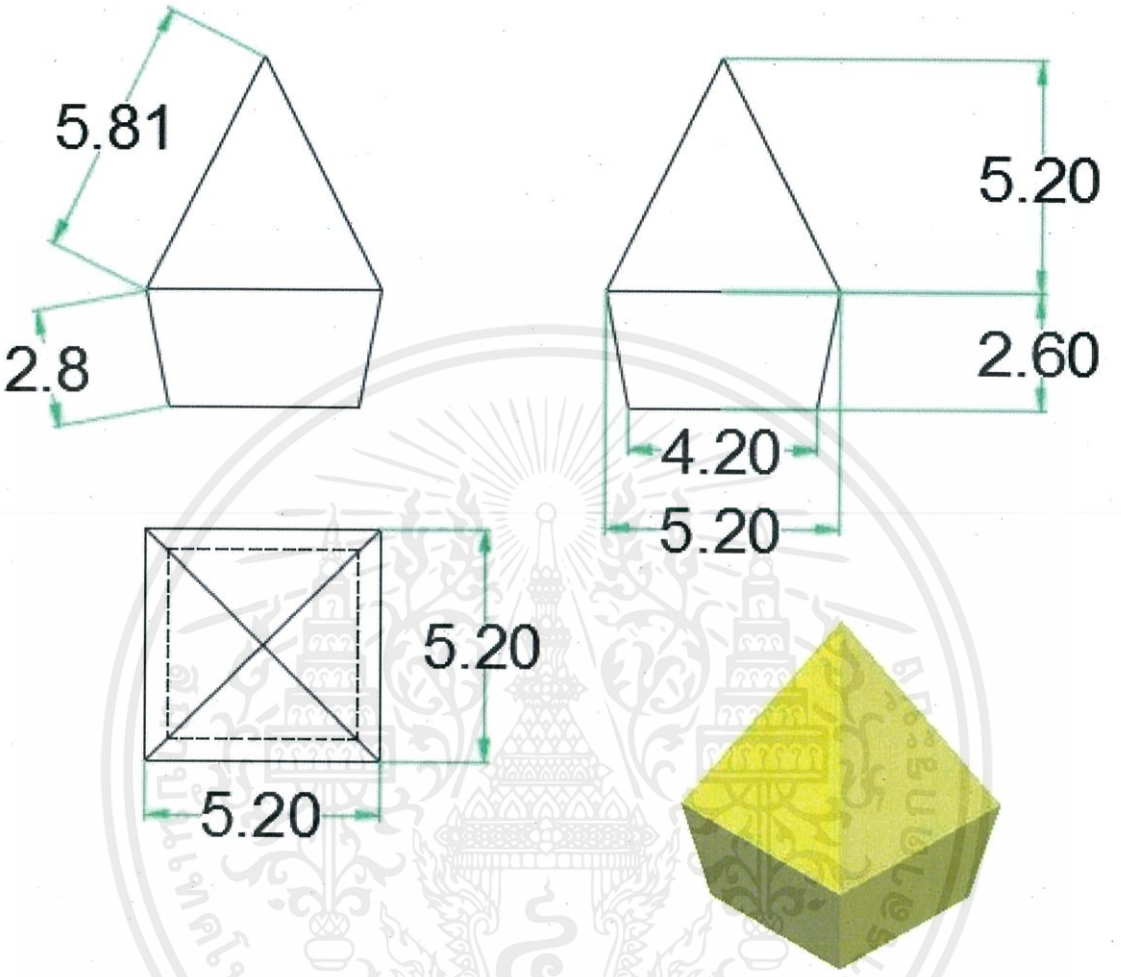
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PROJECT	THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER	
DATE	17/07/2015	Drawing No. 7
Scale 1:1	Concrete	

รูปที่ ก-7 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ7

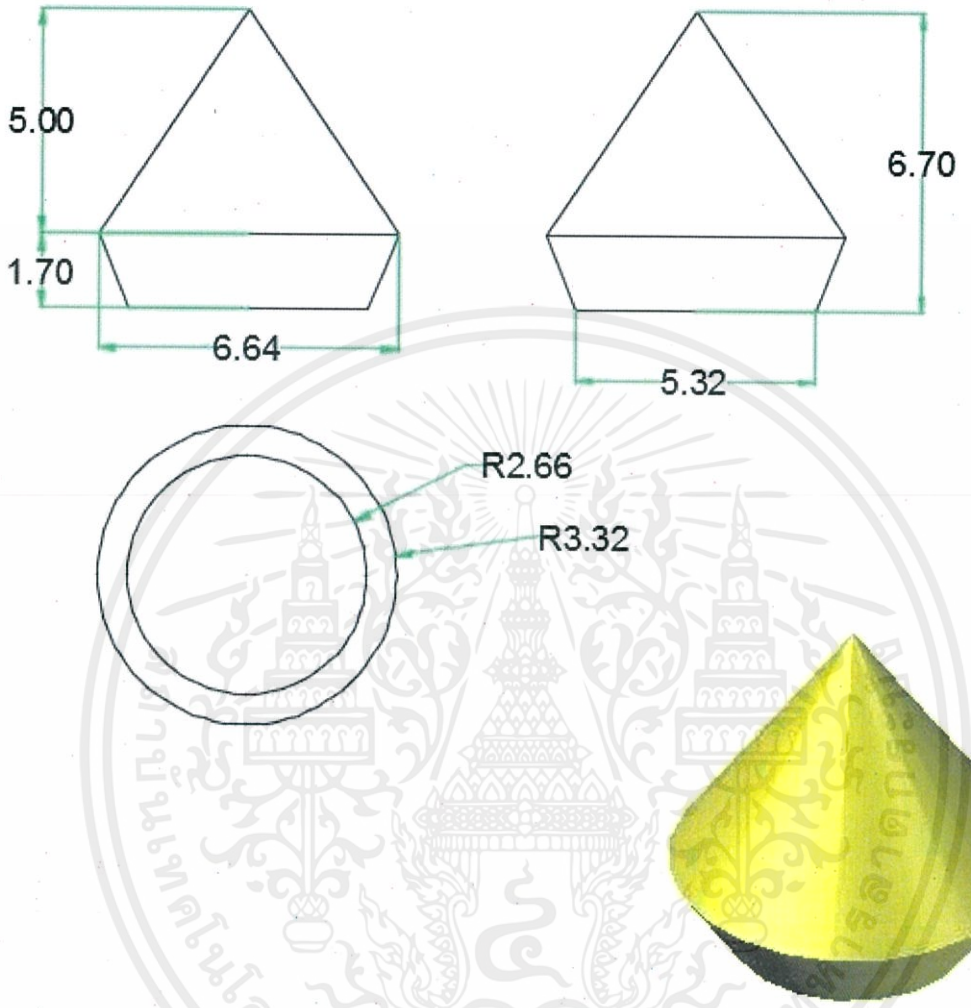
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PROJECT	THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER	
DATE	17/07/2015	Drawing No. 8
Scale 1:1	Concrete	

รูปที่ ก-8 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PROJECT	THE DESIGN OF SUBMERGED OBJECT IN SEAWATER	
DATE	17/07/2015	Drawing No. 9
Scale 1:1	Concrete	

รูปที่ ก-9 ภาพฉายและภาพ Isometric ของวัตถุ9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้