

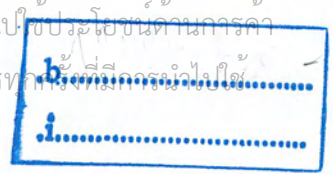
การศึกษาแบบจำลองการพัดพาและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง

SIMULATION OF SEDIMENTS MOVEMENT IN A PRAWN - FARMING POND



ปริญญาโทนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 55694
วัน,เดือน,ปี..... 24 พ.ค. 2548



ปีการศึกษา 2546

การศึกษาแบบจำลองการพัฒนาและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง



อ. วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ
คร. วิภา เกียรติระโนวจิระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การศึกษาแบบจำลองการพัฒนาและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง

ผู้จัดทำ

1. นายฉัตรชัย ภัทรวรานนท์
2. นายธนู แจ่มดวง
3. นายอิทธิพล ปิ่นในเมือง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาแบบจำลองการพัฒนาและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง

ฉัตรชัย	ภัทรวรรณท์
ธนู	แจ่มดวง
อิทธิพล	ปิ่นในเมือง
อ.วีระชัย	ลี้มพรชัยเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
คร. วิชา	เจียรระ ไนวชิระ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546	

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาแบบจำลองการพัฒนาและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง ในบ่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยการเก็บข้อมูลจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริงแล้วนำมาสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ผลในคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม STAR-CD V3.15 แล้วนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบค่าของความเร็วที่ผิวน้ำ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ทาง โปรแกรมกับข้อมูลที่เก็บภาคสนามแสดงให้เห็นว่าค่าของความเร็วที่ผิวน้ำที่ระยะต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกันและความเร็วที่ผิวน้ำมีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น และการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งในบ่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีการรวมตัวของตะกอนรูปร่างเป็นวงกลมอยู่บริเวณตรงกลางและมีที่บริเวณมุมทั้งสี่ด้านของบ่อและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งในบ่อสี่เหลี่ยมสี่เหลี่ยมผืนผ้าตะกอนมีการรวมตัวกันมีการรวมตัวของตะกอนรูปร่างเป็นวงรีอยู่บริเวณตรงกลางและมีการตกตะกอนที่บริเวณมุมทั้งสี่ด้านของบ่อแต่มีลักษณะอยู่แบบกระจายกระจายจากการศึกษาพบว่ารูปร่างของบ่อและความเร็วมีผลต่อการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งการศึกษานี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลไปสู่การจัดการตะกอนภายในบ่อเลี้ยงกุ้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIMULATION OF SEDIMENT MOVEMENT IN A PRAWN - FRAMING POND

Chatchai Pattarawaranon

Thanoo Jamdung

Ittipon Pinnimuang

Weerachai Limpronchaijaruan Advisor

Dr. Vipa Jayranaiwachir Advisor

2003

Abstract

This project presents the study of simulation of sediment movement in a prawn-framing pond in square pond and rectangle pond. Kept the data in prawn-framing pond, Build model and analysis by STAR - CD V3.15 program, compared the results of velocity on free surface. The results by program with the data in the pond. The results showed the velocity of free surface to been closed distance and the velocity of free surface went down, when the distance went up. The precipitation in the square prawn pond had collected of sediment sphere on the center and corner in the square pond. The precipitation in the rectangle prawn pond had collected of sediment ellipse on the center and corner in the rectangle prawn pond, but the sediment dispersed. The study showed the shape of the pond and velocity had results precipitated in the prawn pond. This lead to the paper can eliminated of the sediment to leave the prawn pond.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก-ค)
สารบัญรูป	(ง-ช)
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	(ณ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการทั่วไปของการเลี้ยงกุ้ง	
2.1 หลักการทั่วไปเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงกุ้ง	3
2.2 วิธีทำนากุ้ง	4
2.3 รูปแบบบ่อเลี้ยงกุ้ง	5
2.4 การเตรียมน้ำ	6
2.5 สภาพของพื้นบ่อ	7
2.6 การจัดการฟาร์มกุ้ง	8
บทที่ 3 ทฤษฎีสัมพันธ์เกี่ยวกับตะกอน	
3.1 การกำเนิดของตะกอน	10
3.2 ตะกอน	11
3.3 ลักษณะท้องน้ำ	12
3.4 วิธีการเคลื่อนตัวของตะกอน	13
3.5 แหล่งของตะกอนที่เคลื่อนตัวในลำน้ำ	14
3.6 การศึกษาตะกอนในลำน้ำ	14
3.7 ปริมาณตะกอนท้องน้ำ	17
3.8 สมการสำหรับการคำนวณปริมาณตะกอนท้องน้ำ	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การดำเนินการทดลองและอุปกรณ์	
4.1 ข้อมูลจากภาคสนาม	31
4.2 โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ	36
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
5.1 ผลการทดลองจากภาคสนาม	38
5.2 ผลการทดลองจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม	40
5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลอง	71
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการทดลอง	74
6.2 ข้อเสนอแนะ	74
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	
ตารางที่ 1 แสดงความเร็วของเพลตขับใบพัดตีน้ำ	77
ตารางที่ 2 แสดงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองที่ผิวน้ำ ใบบ่อกุ้งขนาด 80x80x1.5 เมตร	77
ตารางที่ 3 แสดงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองที่ผิวน้ำ ใบบ่อกุ้งขนาด 30x70x1.5 เมตร ทางด้านยาว 70 เมตร	78
ตารางที่ 4 แสดงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองที่ผิวน้ำ ใบบ่อกุ้งขนาด 30x70x1.5 เมตร ทางด้านกว้าง 30 เมตร	79
ตารางที่ 5 แสดงอัตราความเร็วที่ผิวน้ำ ในบ่อกุ้ง ขนาด 80x80x1.5 เมตร	80
ตารางที่ 6 แสดงอัตราความเร็วที่ผิวน้ำ ในบ่อกุ้ง ขนาด 30x70x1.5 เมตร ทางด้านยาว 70 เมตร	81
ตารางที่ 7 แสดงอัตราความเร็วที่ผิวน้ำ ในบ่อกุ้ง	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ขนาด 30x70x1.5 เมตร ทางด้านกว้าง 30 เมตร ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ตารางที่ 8 การหาความหนาแน่นของสิ่งที่ทำให้เกิดตะกอนแบบ 82
ความหนาแน่น

กิตติกรรมประกาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	การเลี้ยงแบบระบบเปิด	4
รูปที่ 2.2	สภาพพื้นที่บ่อที่เสื่อมโทรมหลังการเพาะเลี้ยง	8
รูปที่ 2.3	การฉีดคาลเลนให้กระจาย หลังจากการจับกุ้ง	8
รูปที่ 3.1	แผนภูมิแสดงกระบวนการเลี้ยงกุ้ง	11
รูปที่ 3.2	แสดงตะกอนเม็ดละเอียดที่เคลื่อนตัวอยู่กลางบ่อ	12
รูปที่ 3.3	แสดงลักษณะท้องน้ำที่มีผลต่อการพัดพาตะกอนในแบบต่าง ๆ	13
รูปที่ 3.4	กราฟแสดงความโค้งปริมาณตะกอนแขวนลอย	16
รูปที่ 3.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Ψ และค่า ϕ ของสมการ ไอส์ไตน์	21
รูปที่ 3.6	การหาค่าอัตราการขนส่งตะกอน(q_s) จากสมการของคาร์ลินสกี	21
รูปที่ 3.7	แสดง stress components ในทิศทาง X	23
รูปที่ 3.8	แสดงอนุภาคของของไหลที่ใช้ Finite Volume Method หรือเรียกว่า Cell control volume	28
รูปที่ 4.1	แสดงขนาดบ่อ 80x80x1.5 เมตรและการติดตั้งไบคีน้าจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง	31
รูปที่ 4.2	แสดงขนาดบ่อ 30x 70x1.5 เมตรและการติดตั้งไบคีน้าจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง	32
รูปที่ 4.3	แสดงขนาดของชุดไบคีน้าในหนึ่งค้ำนของบ่อเลี้ยงกุ้งจริง	33
รูปที่ 4.4	แสดงการกำหนดจุดที่ใช้วัดความเร็วที่ผิวหน้า	35
รูปที่ 4.5	ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Star-CD V3.15A	36
รูปที่ 5.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ผิวหน้ากับระยะห่างจากจุดปล่อยของบ่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	38
รูปที่ 5.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ผิวหน้ากับระยะห่างจากจุดปล่อยของบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านยาว	39
รูปที่ 5.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ผิวหน้ากับระยะห่างจากจุดปล่อยของบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านกว้าง	39
รูปที่ 5.4	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ที่ตำแหน่งของผิวหน้าของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	40
รูปที่ 5.5	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดไบคีน้า 3.5 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.6	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจาก จุดใบตึกน้ำ 8.5 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน บ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	41
รูปที่ 5.7	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตึกน้ำ 13.5 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน บ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	42
รูปที่ 5.8	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตึกน้ำ 18.5 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน บ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส	42
รูปที่ 5.9	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ที่ตำแหน่งของผิวน้ำของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	43
รูปที่ 5.10	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ที่ตำแหน่งของผิวน้ำของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	44
รูปที่ 5.11	แสดงการการเคลื่อนตัวกลับของตะกอนบริเวณค้ำน้ำกว้างของบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	44
รูปที่ 5.12	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตึกน้ำ 3.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน บ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	45
รูปที่ 5.13	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตึกน้ำ 8.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน บ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	45
รูปที่ 5.14	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตึกน้ำ 8.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน บ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	46
รูปที่ 5.15	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตึกน้ำ 13.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน บ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.16	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ ในระนาบตัดในแนวแกน Z โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดไบต่อน้ำ 2.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	47
รูปที่ 5.17	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ ในระนาบตัดในแนวแกน Z โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดไบต่อน้ำ 5.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	47
รูปที่ 5.18	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ ในระนาบตัดในแนวแกน Z โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดไบต่อน้ำ 8.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	48
รูปที่ 5.19	แสดง ค่าความเร็วแบบ เวกเตอร์ ในระนาบตัดในแนวแกน Z โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดไบต่อน้ำ 11.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	48
รูปที่ 5.20	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.001 ถึง 0.025 เมตร จากพื้นบ่อ	49
รูปที่ 5.21	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.030 ถึง 0.045 เมตร จากพื้นบ่อ	50
รูปที่ 5.22	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.050 ถึง 0.065 เมตร จากพื้นบ่อ	51
รูปที่ 5.23	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.070 และ 0.075 เมตร จากพื้นบ่อ	52
รูปที่ 5.24	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.080 ถึง 0.120 เมตร จากพื้นบ่อ	53
รูปที่ 5.25	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.150 ถึง 0.240 เมตร จากพื้นบ่อ	54
รูปที่ 5.26	แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวแกน X ที่ระยะ 40 เมตร	55
รูปที่ 5.27	แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวทแยง	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.28	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.005 ถึง 0.025 เมตร จากพื้นบ่อ	56
รูปที่ 5.29	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.030 ถึง 0.045 เมตร จากพื้นบ่อ	57
รูปที่ 5.30	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.050 ถึง 0.065 เมตร จากพื้นบ่อ	58
รูปที่ 5.31	แสดงในระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.070 ถึง 0.085 เมตร จากพื้นบ่อ	59
รูปที่ 5.32	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.090 ถึง 0.110 เมตร จากพื้นบ่อ	60
รูปที่ 5.33	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.115 ถึง 0.180 เมตร จากพื้นบ่อ	61
รูปที่ 5.34	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.210 ถึง 0.300 เมตร จากพื้นบ่อ	62
รูปที่ 5.35	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.330 ถึง 0.420 เมตร จากพื้นบ่อ	63
รูปที่ 5.36	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.510 ถึง 0.540 เมตร จากพื้นบ่อ	64
รูปที่ 5.37	ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.600 ถึง 1.500 เมตร จากพื้นบ่อ	65
รูปที่ 5.38	แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวทแยงมุม	66
รูปที่ 5.39	แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวทแยงมุม	66
รูปที่ 5.40	แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวทแยงมุม	67
รูปที่ 5.41	แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวกึ่งกลาง	67
รูปที่ 5.42	แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวกึ่งกลางที่ขยายเพื่อพิจารณาการรวมตัวกันของตะกอนและลักษณะรูปร่างของการรวมตัวกันของตะกอน	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 5.43	แสดงความดันแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวกึ่งกลางที่ขยายเพื่อพิจารณาการ	69
รูปที่ 5.44	แสดงความดันแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวกึ่งกลางที่ขยายเพื่อพิจารณาการ	70
รูปที่ 5.45	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วกับระยะทางของบ่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส	71
รูปที่ 5.46	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วกับระยะทางของบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านยาว	71
รูปที่ 5.47	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วกับระยะทางของบ่อสี่เหลี่ยมทางด้านกว้าง	72
รูปที่ 5.48	กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วผิวน้ำระหว่างผลการทดลองจากภาคสนามกับผลการทดลองจากโปรแกรมของบ่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส	72
รูปที่ 5.49	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองจากภาคสนามกับผลการทดลองจากโปรแกรมของบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านยาว	73
รูปที่ 5.50	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองจากภาคสนามกับผลการทดลองจากโปรแกรมของบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านกว้าง	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

Q	=	ปริมาณการไหลของน้ำ มีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา
Q_s	=	ปริมาณการไหลของตะกอนแขวนลอย มีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อเวลา
k และ N	=	เป็นค่าสัมประสิทธิ์การลดลอย
ϕ	=	ความเข้มข้นของการขนส่งตะกอน
ψ	=	ความเข้มข้นของแรงเฉือนที่ผิวตะกอน
S	=	ความลาดท้องน้ำ
d	=	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่ลอดผ่านตะแกรงได้ร้อยละ 35 (d_{35}) (m)
R_h	=	รัศมีไฮดรอลิก (เมื่อคำนวณจากความกว้างมากจึงกำหนดให้ $R_h \approx$ ความลึกของ ลำน้ำ) (m)
ρ	=	ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)
ρ_s	=	ความหนาแน่นของตะกอน (kg/m^3)
γ_s	=	น้ำหนักจำเพาะของตะกอน (kg/m^3)
g	=	ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/sec^2)
q_s	=	ปริมาณการขนส่งตะกอนในหน่วยของปริมาณกับเวลาต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง
u	=	แรงเฉือนที่ท้องน้ำ
d	=	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่ลอดผ่านตะแกรงได้ร้อยละ 35 (d_{35}) (m)
γ	=	น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (kg/m^3)
γ_s	=	น้ำหนักจำเพาะของตะกอน (kg/m^3)
h	=	ความลึกในการไหลของลำน้ำ (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาพื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก จากการสำรวจพบว่า การขยายพื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้งประเทศไทย เป็นไปอย่างรวดเร็ว มีพื้นที่การเพาะเลี้ยงกุ้ง 204,805 ไร่ และเพิ่มเป็น 470,826 ไร่ ในช่วงปี พ.ศ. 2534 ส่งผลให้ประเทศไทยส่งออกกุ้งได้เป็นอันดับหนึ่งถึง 4 ปี ซ้อนติดต่อกันโดยผลผลิตกุ้ง พ.ศ. 2537 มีปริมาณ 239,000 ตัน จากสถิติดังกล่าวจะเห็นว่าอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งเป็นการทำรายได้ให้แก่ประเทศไทยปีหนึ่งเป็นมูลค่าประมาณ 40,000 - 50,000 ล้านบาท

จากการที่มีเนื้อที่การเพาะเลี้ยงกุ้งจำนวนมากในประเทศไทย การเลี้ยงกุ้งในช่วง พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา เกษตรกรประสบปัญหาในการเลี้ยงทั้งนี้เนื่องจากบ่อกุ้งที่ผ่านการเลี้ยงมาหลายรุ่นแล้ว ย่อมเกิดการสะสมของตะกอน ซึ่งตะกอนนี้เป็นแหล่งสะสมของโรค ของเสียจากกุ้ง ยาและสารเคมี

อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงกุ้งถือว่ามีค่าสำคัญมาก โครงการนี้เป็นการศึกษาการจำลองการพัฒนาและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งจากข้อมูลข้างต้นถือได้ว่าโครงการนี้มีประโยชน์อย่างมากต่อเกษตรกร ผลของการทดลองนี้นำไปใช้ในการวางแผนออกแบบรูปร่างบ่อและลักษณะการติดตั้งชุดบำบัดน้ำ แก่ผู้ที่จะดำเนินกิจการทดลองจนส่งเสริมศักยภาพการผลิต และเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรเพิ่มขึ้นต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการพัฒนาและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งโดยทำจากการจำลองในคอมพิวเตอร์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลจากการเพาะเลี้ยงกุ้งจริงจากบ่อที่มีรูปร่าง และลักษณะ ต่างๆ
- 1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบความเร็วที่ผิวน้ำระหว่างการจำลองในคอมพิวเตอร์ กับข้อมูลที่เก็บจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาลักษณะการพัฒนาและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งลักษณะรูปแบบบ่อต่าง ๆ คือ สีเหลี่ยมจัตุรัส และสีเหลี่ยมผืนผ้า พร้อมทั้งนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบให้เห็นข้อดี ข้อเสีย ของลักษณะบ่อเลี้ยงกุ้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถนำหลักการวิธีการจำลองในโครงการนี้ ไปสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งจริงได้
- 1.4.2 ติดตั้งชุดบำบัดน้ำเสียได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ
- 1.4.3 สามารถลดการสะสมของตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการทั่วไปของการเลี้ยงกุ้ง

2.1 หลักการทั่วไปเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงกุ้ง

การทำนากุ้งในประเทศไทยเริ่มมาประมาณ 40 ปีแล้ว แต่จะเกิดครั้งแรกเมื่อไร ใครเป็นผู้ริเริ่ม และเกิดขึ้นที่ใดนั้น ไม่มีใครยืนยัน เพียงแต่สันนิษฐานได้ว่ามาจากสาเหตุได้ 3 ประการ คือ เกิดจากการทำนาข้าว ที่อยู่บริเวณป่าไม้ชายเลนมีน้ำเค็มท่วมถึงในฤดูน้ำ จนทำนาไม่ได้ ต้องทิ้งให้กร้างไว้หลังเกี่ยวข้าว ในระยะฤดูน้ำท่วม 3-4 เดือน ซึ่งมีน้ำขังอยู่นั้น จะมีลูกกุ้งและปลาว่ายอ่อนเข้าไปเจริญเติบโตอยู่ในนาข้าว สามารถทำรายได้ให้กับชาวนาได้เป็นอย่างดี

เกิดจากการทำนาเกลือ ซึ่งชาวนาต้องกักเก็บน้ำไว้ในนาเป็นแปลงๆ ซึ่งมีความเค็มแตกต่างกัน ตอนที่อยู่ใกล้ชายทะเล น้ำขึ้นลงเป็นประจำ จะมีความเค็มต่ำหรือเท่ากับน้ำทะเล คือประมาณ 30-32 ส่วนในพันส่วน ชาวนาเกลือจะระบายน้ำจากนาแปลงริมขึ้นไปในแปลงถัดๆ ไปจนกระทั่งได้เกลือในที่สุด ในระยะที่ทำนาเกลือนั้น ชาวนาเกลือพบว่าในแปลงริมๆ ใกล้ชายทะเล มักจะมีกุ้ง-ปลาอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก สามารถทำรายได้ให้กับชาวนาเกลือมาก

การทำนากุ้งเกิดขึ้นจากชาวบ้านที่อาศัยบริเวณป่าชายเลน ได้พบว่า มีลูกกุ้งเข้ามาอาศัยเลี้ยงตัว และเติบโตได้ที่บริเวณป่าชายเลน โดยเฉพาะตามลำรางน้ำต่างๆ เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดความคิดขุดคู-คลองคันดินกักเก็บน้ำเอาไว้ชั่วคราว ในระยะเวลา 1-2 เดือน ก็สามารถจับกุ้งขายได้จำนวนมากจึงได้มีการปรับปรุง ดั๋งแปลงที่ดินแถบชายเลนให้เป็นนา และประกอบอาชีพการทำนากุ้งกันมาจนปัจจุบันนี้

การทำนากุ้งในปัจจุบันนี้แบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ การเลี้ยงแบบธรรมชาติ และการเลี้ยงแบบพัฒนา

2.1.1 แนวทางการเลี้ยงกุ้งให้มีประสิทธิภาพ

1. ลดต้นทุนในการผลิต โดยใช้ความรู้และวิชาการต่างๆ มาพัฒนาการเลี้ยงให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศในอนาคต
2. คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในโลกปัจจุบันสภาพแวดล้อมของเราเสื่อมโทรมลงมาก ดังนั้นเราจึงต้องตระหนักถึงผลที่จะเกิดขึ้นกับการเลี้ยงกุ้งและควรวางวิธีป้องกัน หรือให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด
3. คุณภาพดีและปลอดภัยกับผู้บริโภค การเลี้ยงกุ้งนับวันจะมีการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้น ทำให้เป็นสาเหตุให้สุขภาพของผู้บริโภคทรุดโทรมอย่างรวดเร็วและอาจทำให้เกิดโรคร้ายตามมากับผู้บริโภค ด้วยเหตุนี้จึงต้องหามาตรการที่ป้องกันไม่ให้เกิดสารตกค้างในกุ้งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลี้ยงกุ้งมีอยู่ 2 แบบ คือ

2.1.2 ระบบเปิด (Open System) หรือแบบพัฒนา ซึ่งใช้วิธีการจัดเลี้ยงโดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ทั้งระหว่างฟาร์มกับแหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง ทั้งลักษณะ โครงสร้างขั้นพื้นฐานและวิธีการจัดการ ระบบกุ้งแบบเปิดที่ไม่เอื้ออำนวยต่อสภาวะภายนอก ซึ่งหากเลี้ยงกุ้งระบบเปิดต่อไปก็จะมีแนวโน้ม ประสบปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกับประเทศอื่น ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การเลี้ยงแบบระบบเปิด

2.1.3 ระบบปิด (Closed System) หรือรีไซเคิล ซึ่งเป็นการเลี้ยงโดยป้องกันมลภาวะจากภายนอก พร้อมกับการดำเนินการบำบัด ควบคุมและรักษาความสมดุลของสภาพแวดล้อม ภายในฟาร์มอย่างต่อเนื่อง โดยไม่เปลี่ยนและระบายน้ำทิ้งจึงเป็นแนวทางใหม่ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งซึ่งสามารถลด ปัญหามลพิษแก่แหล่งน้ำธรรมชาติ

ลักษณะการเลี้ยงกุ้งกุลด้าในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นระบบการเลี้ยงกุ้งระบบเปิดหรือระบบแบบพัฒนา จึงได้มีการศึกษาลักษณะ โดยทั่วไปในระบบการเลี้ยงกุ้งระบบพัฒนา

2.2 วิธีทำนาุ้ง

2.2.1 การทำนาุ้งแบบธรรมชาติ

เป็นการเลี้ยงกุ้งโดยวิธีชักน้ำทะเลเข้านาุ้งที่เตรียมไว้ โดยเปิดประตูน้ำเมื่อเวลาน้ำขึ้น อาจจะ ใช้ระหัดวิดน้ำ หรือเครื่องสูบน้ำ ดันน้ำเข้านาในบางท้องที่ การเลี้ยงวิธีนี้ ลูกกุ้งและอาหารธรรมชาติ จะเข้านามากับน้ำทะเล โดยผู้เลี้ยงไม่ต้องให้อาหารหรือทำลายศัตรูกุ้ง วิธีนี้ลูกกุ้งจะเจริญเติบโตไม่ได้เต็มที่ อัตราการรอดตายมีเปอร์เซ็นต์ต่ำ ต่อมาได้พัฒนาขึ้น โดยให้อาหารสมทบและกำจัดศัตรูกุ้งตาม คำแนะนำของกรมประมง ทำให้กุ้งเจริญเติบโตดีขึ้น ให้ผลผลิตต่อไร่มากขึ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา

เป็นการเลี้ยงกุ้ง จากการนำลูกกุ้งที่ได้จากการเพาะเลี้ยงมาปล่อยในนาแทนการใช้ลูกกุ้งจากแหล่งน้ำธรรมชาติ การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาจะใช้หลักวิชาการเข้ามาช่วย มีการให้อาหารกุ้งทั้งในรูปของอาหารสดและอาหารสำเร็จ ใช้ยากำจัดศัตรูกุ้ง นำลูกกุ้งมาปล่อยในนาเลี้ยงประมาณ 4-5 เดือน สามารถจับกุ้งขายได้ ในปีหนึ่งๆ สามารถเลี้ยงได้ 1-2 ครั้ง กุ้งที่เลี้ยงคือกุ้งกุลาดำและกุ้งกุลาดาย ซึ่งมีขนาดโต ราคาแพง วิธีนี้ต่างจากการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ซึ่งมีเฉพาะกุ้งแชบ๊วย, กุ้งตะกาด กุ้งมีขนาดเล็กเลี้ยงเพียง 1½-2 เดือน ก็สามารถจับขายได้ ชาวนากุ้งจึงสามารถเลี้ยงได้ปีละ 3-4 ครั้ง

นอกจากการเลี้ยงด้วยวิธีดังกล่าวแล้ว ปัจจุบันนี้ชาวนากุ้งได้เริ่มเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา โดยการรวบรวมลูกกุ้งจากนาธรรมชาติ หรือนาขนาดใหญ่ตั้งแต่ 20 ไร่ขึ้นไป ปล่อยให้กุ้งโตด้วยอาหารธรรมชาติจนได้ขนาดพอเหมาะแล้วจึงคัดกุ้งที่ต้องการมาเลี้ยงต่อในบ่อขนาดเล็ก โดยให้อาหารเสริมหรือขุนกุ้งก่อนขายนั่นเอง ส่วนที่เหลือในบ่อธรรมชาติก็เลี้ยงต่อไป จนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ การเลี้ยงวิธีนี้ได้ผลผลิตดีขึ้น ได้กุ้งขนาดใหญ่ราคาดี เรียกว่าการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา

2.3 รูปแบบบ่อเลี้ยงกุ้ง

โดยปกติการออกแบบบ่อเลี้ยงกุ้งต้องคำนึงถึงเทคนิคการเลี้ยงเป็นสำคัญ ซึ่งมีลักษณะตามแบบคร่าว ๆ คือ จะต้องมึระบบน้ำเข้าออกอยู่คนละด้านของบ่อ เพื่อไม่ให้น้ำจากบ่อเข้าปะปนกับน้ำใหม่ที่จะนำเข้าไปใช้ ส่วนประตูน้ำก็เช่นเดียวกันต้องจัดให้การระบายน้ำในบ่อสามารถนำน้ำเก่าหรือน้ำที่ใช้แล้วออกจากบ่อให้ได้ โดยเฉพาะน้ำบริเวณก้นบ่อ ส่วนก้นบ่อก็มีความสำคัญเช่นกัน เพราะก้นบ่อที่ใช้จะต้องมีความลาดเอียงให้เหมาะสมกับองค์ประกอบของดิน ซึ่งปกติถ้าเป็นดินเหนียว เราก็สามารถใช้ความลาดเอียง 1:1 ได้ แต่ดินปนทรายอาจจะต้องใช้ความลาดเอียงถึง 1:3 ส่วน ประตูน้ำนั้น มีหลายแบบแต่โดยหลักการแล้วต้องคำนึงถึงการไหลเข้าและออกของน้ำ ซึ่งหมายถึงขนาดต้องเหมาะสมกับปริมาณน้ำและที่ใช้ เพราะถ้าน้ำไหลแรงเกินไปก็จะทำให้ตะไคร่ฟุ้งง่ายและทำให้ลูกกุ้งออกไปจากบ่อ

บ่อเลี้ยงกุ้งต้องมีความแข็งแรง ไม่รั่ว ควรมึระดับความลึกประมาณ 1.80 – 2.00 เมตร ห่างจากฝั่งทะเล ไม่น้อยกว่า 75 เมตร ห่างจากคลอง 20 เมตร การสร้างบ่อริมทะเลหรือริมคลองอาจทำให้เกิดการพังทลายเมื่อเกิดน้ำท่วมหรือมีคลื่นลมแรง การกำหนดให้ห่างฝั่ง 75 เมตรนั้น เป็นไปตามกฎหมายกำหนด เพื่อเป็นการป้องกันการบุกรุกป่าชายเลน รูปแบบของบ่อสำหรับเลี้ยงกุ้งทะเลสามารถสร้างได้หลายแบบคือ

2.3.1 บ่อแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสรูปแบบบ่อลักษณะนี้เป็นแบบอย่างซึ่งนำมาจากประเทศไต้หวัน ลักษณะของบ่อประกอบด้วยประตูน้ำเข้า-ออก มีความกว้างประมาณ 1 เมตร คันบ่อสูงกว่าระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดเพื่อป้องกันน้ำท่วมและพื้นบ่อมีความสูงกว่าระดับน้ำต่ำสุดเพื่อสะดวกในการระบายน้ำให้แห้ง เมื่อต้องการทำความสะอาดบ่อเลี้ยง

2.3.2 บ่อแบบกลม ลักษณะของพื้นบ่อเหมือนแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส คันบ่อเป็นวงกลม การสร้างบ่อลักษณะนี้เป็นการสะดวกในการจัดการระบบน้ำในบ่อให้ไหลเวียนไปในทิศทางเดียวกัน สะดวกต่อการกำจัดน้ำเสียในบ่อเมื่อเลี้ยงไปได้ระยะหนึ่ง

2.3.3 บ่อแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า บ่อลักษณะนี้สร้างตามสภาพพื้นที่เพื่อการใช้ประโยชน์สูงสุดของพื้นที่

2.4 การเตรียมน้ำ

การปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนใช้เลี้ยงกุ้งรุ่นต่อไป เนื่องจากน้ำที่ใช้มาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นแหล่งรองรับสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่มีได้รับการบำบัดซึ่งเป็นอันตรายต่อการเพาะเลี้ยงกุ้ง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องนำมาบำบัดก่อนที่จะไปใช้ในการเลี้ยง

2.4.1 ความเค็ม

กุ้งสามารถทนความเค็มได้ประมาณ 3-45 ส่วนในพัน (ppt) ทนอยู่ในน้ำจืดได้ระยะเวลาหนึ่ง ส่วนความเค็มที่เหมาะสม 10-30 (ppt) ช่วงที่ดีที่สุดคือ 10-25 (ppt)

2.4.2 สารแขวนลอยและสารอินทรีย์

น้ำที่สูบเข้าในบ่อกุ้งเพื่อเลี้ยงส่วนมากจะมีพวกสารแขวนลอยมาก ซึ่งสารนี้จะประกอบด้วยอนุภาคดินและสารอินทรีย์ซึ่งพัดพามาตามกระแส น้ำจากแม่น้ำลำคลอง ตะกอนก็จะตกสู่ก้นบ่อ ตะกอนส่วนมากจะเป็นสารอินทรีย์ เมื่อถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียก็อาจจะเป็นตัวที่ใช้ออกซิเจนที่สำคัญและทำให้เกิดแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์บริเวณพื้นบ่อซึ่งอาจเป็นอันตรายกับลูกกุ้ง

2.4.3 ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ

ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นตัวสำคัญที่สุดเกี่ยวกับคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง ออกซิเจนเป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบของอากาศ ซึ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์เพื่อใช้ในการหายใจ สัตว์น้ำใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งส่วนหนึ่งจะแพร่จากอากาศอีกส่วนหนึ่งได้จากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช สาหร่ายและพันธุ์ไม้น้ำ การละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความกดอากาศ อุณหภูมิ และความเค็มของน้ำ กุ้งทะเลและสัตว์น้ำทุกชนิดต้องการน้ำที่มีออกซิเจนสูงพอเพียง ปริมาณออกซิเจนจะลดตามระดับความลึกของบ่อ ค่าออกซิเจนอาจจะเป็น 0 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ระดับ 1.5 หรือ 2 เมตร อัตราการลดลงของออกซิเจนตามระดับความลึกจะสัมพันธ์เพิ่มขึ้น เมื่อความขุ่นมากขึ้นและในบ่อ โดยทั่วไปแพลงคตอนพืชจะเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำขุ่น ดังนั้นต้องมีการเติมอากาศในช่วงเวลานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา มักจะขุดบ่อค่อนข้างลึก โดยเฉพาะประมาณ 1.5 ถึง 2 เมตร จึงควรมีเครื่องตีน้ำเพื่อช่วยการละลายของออกซิเจนลงในน้ำมากขึ้น ส่วนการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำจะดี ถ้าออกซิเจนในน้ำไม่ลดลงต่ำกว่า 25 ถึง 30% ของปริมาณที่จุดอิ่มตัวในเวลากลางวัน

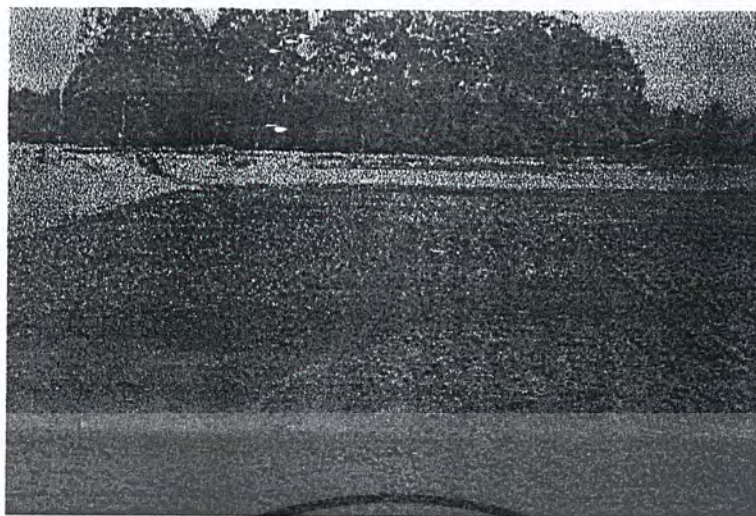
สาเหตุปัจจัยของการขาดออกซิเจน

1. มีการนำเสียของเศษอาหารที่เหลือ
2. เกิดการตายอย่างฉับพลันของแพลงก์ตอนพืช ออกซิเจนจะถูกใช้ในในการย่อยสลายแพลงก์ตอนพืช
3. พื้นบ่อเน่าจากการหมักหมมของตะกอนสารอินทรีย์
4. น้ำที่สูบจากแหล่งน้ำอาจมีออกซิเจนต่ำ
5. ค่าความเป็นกรด ความเป็นด่าง (pH)
6. ค่า pH ปกติจะมีค่าประมาณ 7 ถึง 8 ในน้ำกร่อย ส่วนใหญ่ค่า pH ไม่ค่อยมีปัญหาเกี่ยวกับกุ้งมากนัก ส่วนที่มีปัญหาก็เป็นบริเวณที่เป็นดินเปรี้ยวที่มีอันตรายต่อกุ้ง

2.5 สภาพของพื้นบ่อ

เมื่อเลี้ยงกุ้งไปนานๆ กากอาหารและสิ่งปฏิกูลต่างๆ จะหมักหมมตามพื้นบ่อ ทำให้พื้นบ่ออยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรม ถ้าทิ้งไว้ พื้นบ่อจะมีสีดำและมีกลิ่นเหม็นเป็นพิษต่อกุ้ง จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตของกุ้งที่เลี้ยงในบ่อจะลดลงหลังจากที่บ่อนั้นได้เก็บกักน้ำไปแล้วประมาณหนึ่งเดือน แต่ถ้ามีการลอกเลนหรือคราดกลับพื้นบ่อแล้วปล่อยน้ำส่วนล่างทิ้งแล้วเปิดน้ำใหม่เข้า กุ้งจะเจริญเติบโตได้ปกติ

การแก้ไขสภาพของน้ำที่เน่าเสียหรือแก้ไขสภาพของพื้นบ่อที่เสื่อมโทรมขณะที่กำลังเลี้ยงกุ้งอยู่นั้นดังรูปที่ 2.2 ทำได้ยากและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ทางที่ดีควรหาทางป้องกันมิให้น้ำหรือพื้นบ่อเน่าเสีย แต่จะทำได้มากน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับความเอาใจใส่ของผู้เลี้ยง ปริมาณอาหารที่ให้และการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อ



รูปที่ 2.2 สภาพพื้นที่บ่อที่เลื่อมโทรมหลังการเพาะเลี้ยง

2.6 การจัดการฟาร์มกุ้ง

2.6.1 การบำบัดและปรับปรุงเลนในบ่อ

หลังจากการจับกุ้งแล้วระบายน้ำเข้าพอมท่วมเลนที่พื้นบ่อ (5-30 เซนติเมตร) คราดให้เลนกระจายผสมกับน้ำสัมผัสกับอากาศในหลักการเดียวกันกับการเตรียมนาหว่านน้ำตม ปล่อยพักไว้ระหว่าง 5-7 วัน/ครั้ง พร้อมปรับ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เสร็จแล้วปล่อยให้ตกตะกอนก่อนระบายเฉพาะน้ำออกให้หมด ตากให้แห้ง แล้วเลนก็จะกลับเป็นดินแข็งพร้อมกับขุดลอกเสริมตกแต่งภายในฟาร์มให้อยู่ในสภาพที่ดีพร้อมก่อนที่จะดำเนินการขั้นที่ 2 ต่อไป



รูปที่ 2.3 การฉีดคาคเลนให้กระจาย หลังจากการจับกุ้ง

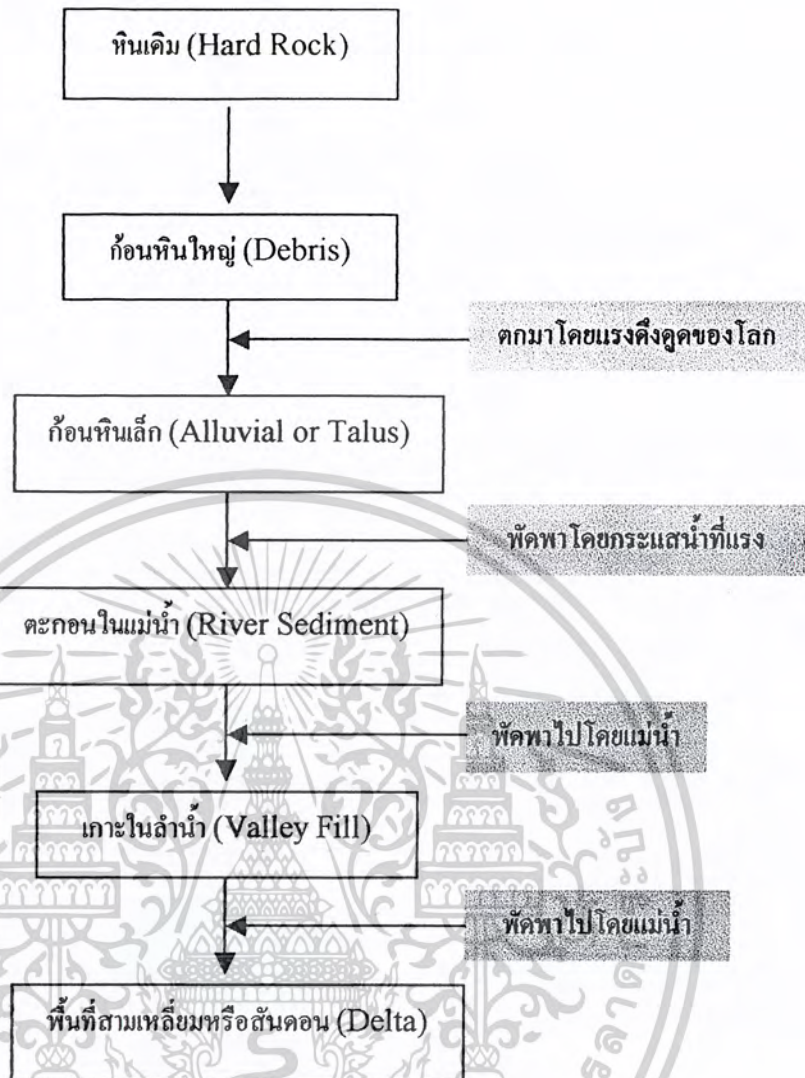
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การปรับปรุงผิวดินในบ่อ

หลังจากตากบ่อแห้งแล้วระบายน้ำเข้าบ่อพอท่วมพื้นพร้อมคราดผิวดินที่พื้นบ่อให้แตกกระจายผสมกับน้ำแล้วพักไว้ประมาณ 3-5 วัน หลังจากนั้นหว่านปูนขาวแล้วคราดอีกครั้งพร้อมปรับ pH ให้เหมาะสมจากนั้นปล่อยให้ตกตะกอน ระบายน้ำออกให้หมด ตากบ่อแห้งพร้อมบดอัดพื้นบ่อให้แน่น

2.6.3 วิธีกำจัดดินเสียที่พื้นบ่อเลี้ยงกุ้งมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

- ลดน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งให้ต่ำลงมาในระดับ 80-100 เซนติเมตร ไม่ควรให้ต่ำกว่านี้ เพื่อป้องกัน กุ้งเกิดซ็อกจากอุณหภูมิขณะคั้นน้ำเข้าใหม่หรือในช่วงกลางวันที่แดดร้อนจัด และป้องกันการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน
- เปิดเครื่องเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้ทำงานตลอดเวลา 1-2 เครื่อง
- ดำเนินการกำจัดดินเสียในบ่อกุ้งหลังจากให้อาหารกุ้งไปแล้ว 2 ชั่วโมง
- ต้องทยอยกำจัดของเสียจากบ่อกุ้งเนื้อที่วันละประมาณกว้าง 4 เมตร และยาว 10 เมตร โดยหาไม้ปักแสดงขอบเขตไว้
- กำจัดดินเสียออกจากบ่อกุ้งบริเวณที่มีมากก่อน ได้แก่ บริเวณศูนย์กลางบ่อ ถ้าจัดระบบหมุนเวียนของน้ำให้ของเสียอยู่ที่จุดกลางบ่อหรือบริเวณด้านท้ายบ่อกุ้งที่อยู่ปลายกระแสน้ำ แล้วจึงทยอยกำจัดของเสียบริเวณที่ หว่านอาหาร รอบๆ บ่อ การกำจัดดินเสียที่พื้นบ่อกุ้งตามพื้นที่ที่กำหนดในแต่ละวัน ต้องกำจัดให้หมดชั้นความลึกของดินเสีย
- ในแต่ละวันเมื่อกำจัดดินเสียที่พื้นบ่อเสร็จแล้ว ให้เพิ่มน้ำเข้าบ่อเลี้ยงกุ้งในระดับความลึก 120-150 เซนติเมตร เปิดเครื่องออกซิเจนในน้ำ 1-4 เครื่อง ประมาณ 15-24 ชั่วโมง หมั่นตรวจสอบดินเน่าเสียที่พื้นบ่อทุกๆ 2 สัปดาห์ หากพบก็รีบทยอยกำจัดออก



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงกระบวนการสึกกร่อน

3.2 ตะกอน

ตะกอน คือเศษวัสดุที่มีแหล่งกำเนิดจากขบวนการแตกสลายของหินเปลือกโลกทั้งทางกายภาพและทางเคมี เม็ดตะกอนมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ก้อนหินขนาดใหญ่ไปจนถึงเศษวัสดุแขวนลอยแตกต่างกันในรูปทรงตั้งแต่กลมไปจนถึงเป็นเหลี่ยมมุม นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างกันในความถ่วงจำเพาะและส่วนประกอบแร่ธาตุซึ่งแร่ธาตุส่วนใหญ่ของตะกอนมักได้แก่ แร่ควอตซ์ เม็ดตะกอนเมื่อหลุดแยกออกมาจะเคลื่อนที่ไปตามแรงโน้มถ่วง แรงลม แรงน้ำ หรือ โดยตัวการหลายอย่างรวมกัน หากน้ำเป็นตัวการที่เคลื่อนย้ายตะกอนไปอาจเรียกตะกอนชนิดนี้ว่า ตะกอนน้ำ (Fluvial Sediment) กรรมวิธีการเคลื่อนย้ายตะกอนขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดตะกอนแต่ละเม็ด น้ำจะเคลื่อนย้ายตะกอนโดยกระแสน้ำปั่นป่วนช่วยพุงเม็ดตะกอนหรือการกลิ้งและกระโดดไปตามท้องน้ำ ตะกอนเม็ดละเอียด (ขนาดเล็กกว่า 0.062 มิลลิเมตร) จะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วโดยประมาณเท่ากับความเร็วกระแสน้ำ แต่ตะกอนเม็ดหยาบ (ขนาดใหญ่กว่า 0.062 มิลลิเมตร) จะเคลื่อนที่เพียงบางครั้งบงคร่าวและอยู่นิ่งเป็นส่วนใหญ่

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงตะกอนเมื่อคลื่นเคลื่อนตัวอยู่กลางบ่อ

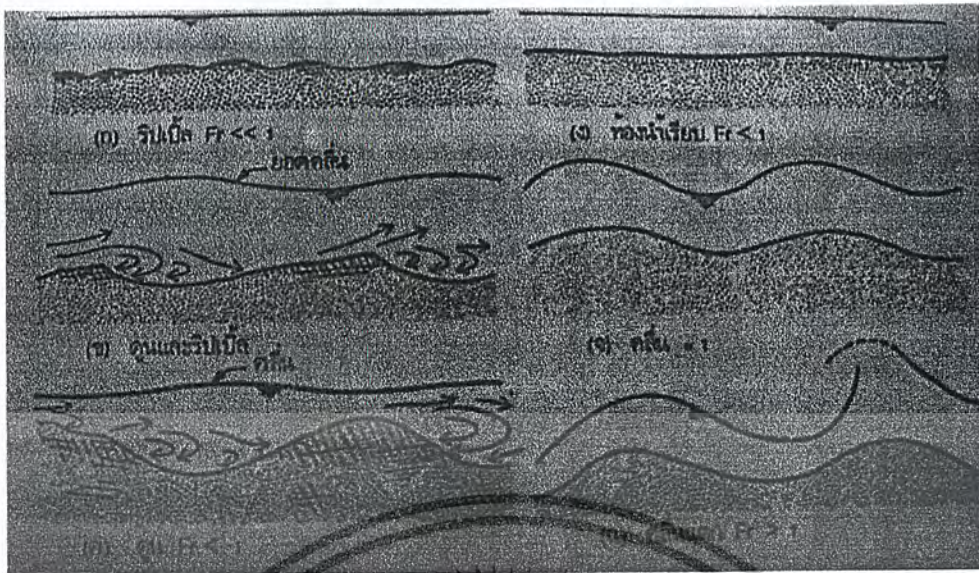
3.3 ลักษณะท้องน้ำ

การเคลื่อนตัวของตะกอนในลำน้ำทำให้ลักษณะท้องน้ำเกิดขึ้นได้หลายลักษณะ สำหรับลำน้ำที่ท้องน้ำเป็นทราย จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าลักษณะต่างๆ ของท้องน้ำมีดังต่อไปนี้

1. เมื่อความเร็วการไหลต่ำมากจะไม่พบการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำเลย
2. ถ้าความเร็วการไหลเพิ่มถึงค่าๆ หนึ่งจะเริ่มเห็นการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำ
3. ถ้าทรายท้องน้ำมีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และความเร็วการไหลมาก ทรายท้องน้ำจะเกิดเป็นรูปคลื่นเล็กๆ เรียกว่า ริปเปิ้ล (Ripples) ดังแสดงในรูปที่ 3.3

4. ถ้าความเร็วการไหลเพิ่มขึ้นอีก คลื่นทรายท้องน้ำจะใหญ่ขึ้น เรียกว่า ดูน (Dune) ในช่วงแรกบนดูนจะมีริปเปิ้ลอยู่ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (ข) ต่อมาเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นริปเปิ้ลจะหายไปเหลือแต่ดูน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (ค)

5. ถ้าความเร็วเพิ่มขึ้นอีกดูนจะหายไปกลายเป็นพื้นเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 3.3(ง)ที่ความเร็วสูงจะเกิดดูนขึ้นอีก ในขณะเดียวกันบนพื้นผิวน้ำก็จะเกิดคลื่นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (จ) จนในที่สุดคลื่นที่ผิวน้ำจะแตก (Breaking Wave Front)



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะท้องน้ำที่มีผลต่อการพัดพาตะกอนในแบบต่าง ๆ

3.4 วิธีการเคลื่อนตัวของตะกอน

การเคลื่อนตัวของตะกอนอาจแบ่งออกได้เป็นหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งการเคลื่อนตัวอาจจะเป็นวิธีเดียวหรือหลายวิธีผสมกัน ซึ่งกว่านั้นตะกอนอาจเคลื่อนตัวด้วยวิธีการหนึ่งในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และเคลื่อนตัวด้วยวิธีการอื่นต่อไปก็ได้ ดังนั้นการสังเกตการเคลื่อนตัวของตะกอนทั้งหมดในสภาพธรรมชาติด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างอาจกระทำไม่ได้เลย เพราะการเคลื่อนตัวของตะกอนจะยุ่งยากซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

การเคลื่อนตัวของตะกอน อาจแบ่งออกตามคำจำกัดความได้ตามลักษณะด้วยกันคือ การแขวนลอย (Suspension) การกลิ้งหรือการสัมผัส (Contact) และการกระโดด (Saltation)

โดยทั่วไปแล้วตะกอนแขวนลอยประกอบด้วยอนุภาควัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนซึ่งเคลื่อนตัวสัมผัสไปกับท้องน้ำด้วยแรงดูดลาก (Tractive Forces) วิธีการเคลื่อนตัวในลักษณะกระโดดนี้จะแยกออกจากการเคลื่อนตัวแบบแขวนลอยได้ยาก อย่างไรก็ตามขนาดของตะกอนที่เคลื่อนตัวแบบกระโดดนี้จะเล็กกว่าตะกอนที่เคลื่อนตัวแบบการกลิ้งไปตามท้องน้ำแต่จะใหญ่กว่าตะกอนที่เคลื่อนตัวแบบแขวนลอย ในปัจจุบันนี้พบว่าตะกอนที่เคลื่อนตัวแบบกระโดดนี้ไม่มีความสำคัญทางอุทกวิทยาเพราะมีจำนวนน้อยมาก แต่สำหรับกรณีที่ตัวกลางหรือตัวนำพาเป็นอากาศ (หรือไม่ใช่น้ำ) แล้วตะกอนที่เคลื่อนตัวแบบกระโดดบางครั้งจะมีความสำคัญมาก

ในลำน้ำส่วนมากตะกอนจะเคลื่อนตัวด้วยสองลักษณะหรือทั้งสามลักษณะผสมกัน ตะกอนที่มีอนุภาคขนาดใหญ่จะเคลื่อนกลิ้งไปตามท้องน้ำ สำหรับภายในชั้นความหนาบางๆ เหนือท้องน้ำ ตะกอนจะมีลักษณะหยาบและมีความเข้มข้นสูง ตะกอนเหล่านี้จะเคลื่อนตัวในลักษณะแขวนลอยหรือกระโดด หรือทั้งสองวิธีผสมกัน จากชั้นความหนาบางๆ ดังกล่าวจนถึงผิวน้ำจะมีความหนาแน่นมาก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งความเข้มข้นของตะกอนจะลดลง ขึ้นอยู่กับความสูงเหนือท้องน้ำ และขนาดของอนุภาคของ ตะกอนจะเล็กลงตามลำดับด้วย การเคลื่อนตัวของตะกอนเหล่านี้เป็นแบบแวนลอย โดยทั่วไป ตะกอนแวนลอยจะเป็นปริมาณมากที่สุดของตะกอนทั้งหมดในลำน้ำ ดังนั้นตะกอนแวนลอยนี้จะ พิจารณาในการศึกษาเกี่ยวกับการตกสะสมของตะกอนในอ่างเก็บน้ำ อย่างไรก็ตามตะกอนที่มีขนาด ใหญ่จะเป็นส่วนสำคัญในการฟอร์มตัวของท้องน้ำและตลิ่งของลำน้ำ

3.5 แหล่งของตะกอนที่เคลื่อนตัวในลำน้ำ

ในด้านอุทกวิทยาแหล่งของตะกอนที่เคลื่อนตัวในลำน้ำอาจแบ่งออกเป็นสองลักษณะด้วยกัน คือ ตะกอนวัสดุท้องน้ำ ซึ่งได้แก่ส่วนประกอบเป็นท้องน้ำ และตะกอนวัสดุละเอียด ซึ่งได้แก่ตะกอน ที่มีอนุภาคขนาดเล็กเป็นพวกวัสดุละเอียด ซึ่งเกิดจากการกัดเซาะตลิ่งและจากพื้นที่ลุ่มน้ำ และเป็น พวกวัสดุที่ไม่ค่อยพบตามท้องน้ำ

ในด้านธรณีวิทยาถือว่าตะกอนทั้งสองลักษณะจากลุ่มน้ำเดียวกัน แต่ในทางอุทกวิทยานั้น ความแตกต่างของตะกอนจากแหล่งน้ำทั้งสองสำคัญมากเพราะตะกอนวัสดุท้องน้ำและตะกอนวัสดุ ละเอียด มีการเคลื่อนย้ายและการพัดพาไปในลำน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งตะกอนวัสดุท้องน้ำจะมีการ เคลื่อนย้ายและพัดพาเป็นฟังก์ชันกับตัวแปรชลศาสตร์ที่สามารถวัดได้

การแบ่งตะกอนวัสดุละเอียดและตะกอนวัสดุท้องน้ำที่เคลื่อนตัวในลำน้ำไม่มีขีดจำกัดหรือ ขอบเขตที่แน่นอน อย่างไรก็ตามวิศวกรที่มีชื่อเสียงหลายท่านได้ให้ข้อสมมุติฐานไว้ว่า ตะกอนวัสดุท้อง น้ำประกอบด้วยตะกอนที่มีขนาดเท่ากับหรือโตกว่า 0.0625 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดสำหรับแบ่งประเภท ทราย (Sand) และตะกอนทราย (Silt) ส่วนของตะกอนที่ประกอบด้วยขนาดเล็กกว่า 0.0625 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นตะกอนวัสดุละเอียด

3.6 การศึกษาตะกอนในลำน้ำ

ในทุก ๆ ลำน้ำจะมีตะกอนแวนลอยไปกับน้ำ และยังมีตะกอนท้องน้ำซึ่งเป็นตะกอนที่มี ขนาดใหญ่กว่าเคลื่อนที่ไปตามท้องน้ำด้วย เนื่องจากว่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของ ตะกอนมีค่าประมาณ 2.65 ดังนั้นอนุภาคของตะกอนแวนลอยจะมีแนวโน้มที่จะตกตะกอนสู่ท้องน้ำ แต่เนื่องจากมีแรงซึ่งเกิดจากการไหลในทิศทางย้อนขึ้นในการไหลแบบปั่นป่วนจะต้านไม่ให้อนุภาค ของตะกอนแวนลอยจมลงสู่ท้องน้ำ เมื่อน้ำที่มีตะกอนปะปนมาด้วยไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ ความเร็ว และความปั่นป่วนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะมีพื้นที่รูปตัดการไหลขยายมากขึ้น ดังนั้นตะกอน แวนลอยที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ และตะกอนท้องน้ำส่วนใหญ่จะตกตะกอนลงและสะสมเป็นสันดอน (Delta) ที่บริเวณลำน้ำเดิมบรรจบอ่างเก็บน้ำ สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าก็ยังคงแวนลอยไปกับ น้ำต่อไป และอาจจะตกตะกอนใกล้เข้าไปในอ่างเก็บน้ำ สำหรับตะกอนที่มีขนาดอนุภาคเล็กมากยังคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แขวนลอยไปกับน้ำอีกเป็นเวลานาน และบางส่วนจะไหลผ่านเขื่อนไปกับน้ำทางอาคารน้ำล้น กังหันน้ำ หรืออาคารทางออกอื่นๆ

3.6.1 การเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอน

ปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำอาจจะวัดได้ด้วยการเก็บตัวอย่างน้ำที่มีตะกอนดังกล่าวปะปนอยู่ เมื่อนำตัวอย่างน้ำที่มีตะกอนปะปนอยู่เข้าห้องปฏิบัติการ ในขั้นแรกก็จะต้องชั่งน้ำหนักตัวอย่างน้ำบวกตะกอนก่อน ต่อจากนั้นก็ทำการแยกตะกอนออกจากน้ำโดยการกรอง จากนั้นก็ทำตะกอนที่แยกออกมาให้แห้งโดยการใส่เตาอบ เมื่อตะกอนแห้งดีแล้วก็นำไปชั่งน้ำหนัก หน่วยการวัดตะกอนแขวนลอย เรียกว่า ส่วนในหนึ่งล้านส่วน (Parts Per Million) มีชื่อย่อเป็นภาษาอังกฤษ ppm คำนวณได้ด้วยการหารน้ำหนักแห้งของตะกอนด้วยน้ำหนักน้ำบวกตะกอนตัวอย่าง และคูณอัตราส่วนที่ได้ด้วยล้าน ตัวอย่างของน้ำและตะกอนโดยปกติจะเก็บมาในขวดที่เรียกว่า ไพนท (Pint) การออกแบบรูปร่างของเครื่องมือเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย (Suspended Sediment Sampler) จะออกแบบให้มีการกระทบกระเทือนต่อการไหลของน้ำโดยเฉพาะเส้นการไหล (Streamline) น้อยที่สุดเพื่อตัวอย่างน้ำและตะกอนแขวนลอยที่เก็บได้จะเป็นตัวแทนตะกอนแขวนลอยที่แท้จริงของลำน้ำ

ปริมาณตะกอนแขวนลอยหรือความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจะแปรผันตามความลึกของน้ำ และยังแปรผันตามความกว้างของลำน้ำด้วย กล่าวคือในแต่ละส่วนของพื้นที่รูปตัดที่น้ำและตะกอนไหลผ่านความเข้มข้นของตะกอนจะแตกต่างกัน ดังนั้นการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยอาจจะกระทำด้วยการเก็บตัวอย่างที่จุดความลึกที่กำหนด หรืออาจเป็นการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยอาจจะกระทำด้วยการเก็บตัวอย่างที่จุดความลึกที่กำหนด หรืออาจเป็นการเก็บตลอดความลึกของลำน้ำ (Integrated Depth) การนำเอาผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปหาปริมาณของตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยทั้งรูปตัดลำน้ำหรือเฉลี่ยในลูกตั่งใดๆ จะต้องทำความเข้าใจการเก็บตัวอย่างว่าที่ความลึกใดหรือเก็บตลอดความลึกดังกล่าว นอกจากนั้นหากลำน้ำมีความกว้างมากๆ จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้น โดยแบ่งส่วนความกว้างผิวน้ำออกเป็นช่วงๆ อีกด้วย

ในทางปฏิบัตินั้นการเก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำกระทำได้อย่างยากและไม่เป็นที่นิยมกระทำกัน ทั้งนี้เพราะเครื่องมือมีราคาแพง การเก็บตัวอย่างที่จะได้ตัวแทนที่แท้จริง โดยการไปดักตะกอนท้องน้ำมากระทำได้อย่างยาก ดังนั้นจึงนิยมเก็บตัวอย่างเฉพาะตะกอนแขวนลอยโดยเมื่อคำนวณปริมาณตะกอนแขวนลอยได้ ก็จะสมมุติว่าตะกอนท้องน้ำจะเป็นกึ่งเปอร์เซ็นต์ของตะกอนแขวนลอย ซึ่งในธรรมชาติ นั้นตะกอนท้องน้ำอาจจะมีจำนวนเปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณตะกอนแขวนลอย แต่โดยทั่วไปแล้วจะอยู่ในช่วงระหว่าง 5 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในประเทศไทยจะสมมุติให้ปริมาณตะกอนท้องน้ำมีประมาณ 10-30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณตะกอนแขวนลอย

3.6.2 ตะกอนแขวนลอย และปริมาณการไหลของน้ำ

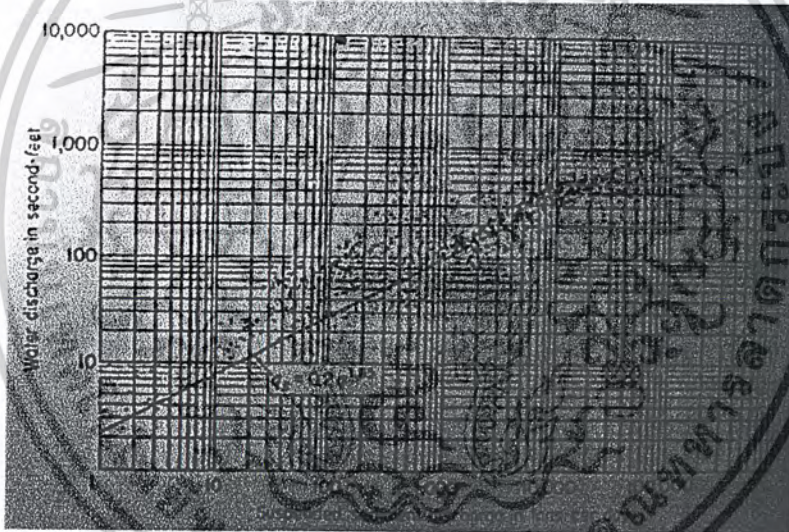
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอย (Q_s) และปริมาณการไหลของน้ำ (Q) เรียกว่า โคง้ปริมาณตะกอนแขวนลอย (Sediment Discharge Rating Curve) ซึ่งจะแสดงหรือพล็อตในกระดาษกราฟล็อกกาลีทึม ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำมาเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$Q_s = kQ^N \quad (3.1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณการไหลของน้ำ มีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา

Q_s คือ ปริมาณการไหลของตะกอนแขวนลอย มีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อเวลา

k และ N เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความ โคง้ปริมาณตะกอนแขวนลอย

ดังนั้นจะเห็นว่า โคง้ปริมาณตะกอนแขวนลอยจะใช้สำหรับประมาณหาค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย จากข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำที่ติดต่อกันเป็นรายเดือนหรือรายปี ซึ่งก็เหมือนกับการประมาณหาค่าปริมาณการไหลของน้ำจากข้อมูลที่ติดต่อกันของระดับน้ำจากโคง้ปริมาณน้ำ (Stage Discharge Rating Curve) นั้นเอง อัตราการกัดเซาะจะเปลี่ยนแปลงจากพายุฝนหนึ่งไปยังอีกพายุฝนหนึ่งซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงหรือผิดแผกในค่าความเข้มของฝน สภาพของดินในลุ่มน้ำขณะมีพายุฝนและการพัฒนาของพืชปกคลุม ตะกอนที่มาจากลุ่มน้ำในระหว่างการเกิดพายุฝนลูกหนึ่งอาจจะตกสะสมในลำน้ำ และยังคงอยู่ในลำน้ำต่อไปจนกว่าจะเกิดพายุฝนอีกลูกหนึ่ง และทำให้เกิดน้ำนอกทะเล้างตะกอนไปยังด้านที่ข้าน้ำต่อไป ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยและไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการไหลของน้ำ ยกที่จะมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามหากไม่คำนึงถึงความละเอียดถูกต้องที่ไม่ค่อยจะแน่นอนมากนักดังกล่าว ความสัมพันธ์ในรูปของ โค้งปริมาณตะกอนแขวนลอยจะเป็นวิธีที่มีประโยชน์สำหรับการประมาณหาค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ สำหรับปริมาณของตะกอนรวมในลำน้ำทั้งหมดอาจจะคำนวณด้วยการสมมุติว่าเพิ่มปริมาณตะกอนท้องน้ำอีกประมาณ 10 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนปริมาณตะกอนแขวนลอย

ตารางที่ 3.1 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนท้องน้ำในเทอมของตะกอนแขวนลอย

ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย (ppm)	ชนิดวัสดุที่ฟอร์มเป็นช่องลำน้ำ	เนื้อวัสดุของตะกอนแขวนลอย	เปอร์เซ็นต์จำนวนของตะกอนท้องน้ำในเทอมของตะกอนแขวนลอย
น้อยกว่า 1000	ทราย	เหมือนกับวัสดุท้องน้ำ	25 ถึง 150
น้อยกว่า 1000	กรวด หิน หรือดินเหนียวที่ Consolidation แล้ว	มีทรายผสมอยู่จำนวนน้อย	5 ถึง 12
1000 ถึง 7500	ทราย	เหมือนกับวัสดุท้องน้ำ	10 ถึง 35
1000 ถึง 7500	กรวด หิน หรือดินเหนียวที่ Consolidation แล้ว	มีทรายผสม 25% หรือน้อยกว่า	5 ถึง 12
มากกว่า 7500	ทราย	เหมือนกับวัสดุท้องน้ำ	5 ถึง 15
มากกว่า 7500	กรวด หิน หรือดินเหนียวที่ Consolidation แล้ว	มีทรายผสม 25% หรือน้อยกว่า	2 ถึง 8

3.7 ปริมาณตะกอนท้องน้ำ

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาการเคลื่อนย้ายตะกอนก็เพื่อคาดคะเนว่าจะมีสภาวะสมดุลระหว่างการกัดเซาะและการตกทับถมของตะกอนท้องน้ำเกิดขึ้นหรือไม่ ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาที่ยากลำบากที่สุดประการหนึ่งของชลศาสตร์ทางน้ำเปิด ก็คือการหาอัตราการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำในลำน้ำหากมีวิธีการที่สามารถหาค่าการเคลื่อนที่ของตะกอนในสถานที่ที่เป็นอยู่ได้อย่างแม่นยำแล้วก็จะอาจจะทำให้สามารถคำนวณหาค่าปริมาณการเคลื่อนที่ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาวะการไหลไปจากเดิมได้

3.7.1 ตะกอนท้องน้ำ เม็ดตะกอนท้องน้ำใช้เวลาในการเคลื่อนที่เป็นเวลานาน การเคลื่อนย้ายตามท้องน้ำมีหลายลักษณะเช่น การกลิ้ง การเลื่อนไหลและการกระโดด

3.7.2 วัสดุท้องน้ำ คือ ของผสมตะกอนที่เป็นองค์ประกอบของท้องน้ำที่เคลื่อนที่ไป เอกสารนี้เขียนโดยนักวิจัยที่สนใจเรื่องของการเคลื่อนย้ายตะกอนท้องน้ำในลำน้ำ ซึ่งนักวิจัยด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 ปริมาณวัสดุท้องน้ำ คือ ส่วนของชั้นตะกอนซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดเม็ดตะกอนในท้องน้ำในสภาวะการหนึ่งเม็ดตะกอนท้องน้ำที่หลุดแยกออกจากกันอย่างง่ายดายไร้แรงเกาะยึดระหว่างกันเมื่อเริ่มเคลื่อนที่พอดี

3.8 สมการสำหรับการคำนวณปริมาณตะกอนท้องน้ำ

3.8.1 สมการของเคซีย์

เป็นสมการที่ใช้ความสัมพันธ์ของปริมาณการไหลของน้ำประเมินปริมาณตะกอนท้องน้ำโดยสมการของเคซีย์นั้นเหมาะสำหรับอนุภาคตะกอนที่มีขนาดสม่ำเสมอ และมีลักษณะท้องน้ำเป็นทรายและทรายผสมวัสดุอื่น โดยสมการของเคซีย์มีรูปแบบดังต่อไปนี้

$$q_s = 0.367 S^{\frac{9}{8}} (q - q_{ci}) \quad (3.2)$$

เมื่อ

S	=	ความลาดท้องน้ำ
D	=	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่ลอดผ่านตะแกรงได้ร้อยละ 50 (d_{50}) (mm.)
q	=	ปริมาณการไหลของน้ำ (m^3/sec)
q_s	=	ปริมาณตะกอนท้องน้ำในหน่วยของน้ำหนักกับเวลาต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง ($kg/sec/m.$)
q_{ci}	=	ปริมาณการไหลวิกฤตของน้ำ (m^3/sec) โดยที่ค่าปริมาณการไหลวิกฤตของน้ำหาได้จาก

$$q_{ci} = \frac{6.5 \times 10^{-6} D^{1.8}}{S^{1.2}} \quad (3.3)$$

การคำนวณปริมาณตะกอนท้องน้ำจากสมการของเคซีย์ทำได้โดยคำนวณหาค่าปริมาณการไหลวิกฤตของน้ำ จากสมการที่ 3.3 ก่อนแล้วแทนค่าปริมาณการไหลวิกฤตของน้ำลงในสมการที่ 3.2 เพื่อคำนวณหาปริมาณตะกอนท้องน้ำต่อไป

3.8.2 สมการของไฮสไตน์

เป็นสมการที่ใช้ความสัมพันธ์ของความหยาบละเอียดของเม็ดตะกอนประเมินหาปริมาณตะกอนที่ท้องน้ำ ซึ่งสำหรับสมการนี้ได้พัฒนามาจากสมการของเมเยอร์ปีเตอร์ (Meyer – Peter) อีกทีหนึ่ง โดยรูปแบบของสมการมีดังต่อไปนี้

$$\phi = \text{fct}(\psi) \quad (3.6)$$

$$\psi = \frac{(\rho_s - \rho)d}{\rho \times SR_n} \quad (3.7)$$

$$\phi = \frac{g_s}{\gamma_s} \sqrt{\frac{\rho}{\rho_s - \rho g d^3}} \quad (3.8)$$

โดยที่	ϕ	หาได้จาก การพิจารณาค่า ψ
เมื่อ	ϕ	= ความเข้มข้นของการขนส่งตะกอน
	ψ	= ความเข้มข้นของแรงเฉือนที่ผิวตะกอน
	S	= ความลาดท้องน้ำ
	d	= ขนาดของอนุภาคตะกอนที่ลอดผ่านตะแกรงได้ร้อยละ 35 (d_{35}) (m)
	R_n	= รัศมีชลศาสตร์ (เมื่อลำน้ำมีความกว้างมากจึงกำหนดให้ $R_n \approx$ ความลึกของลำน้ำ) (m)
	ρ	= ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)
	ρ_s	= ความหนาแน่นของตะกอน (kg/m^3)
	γ_s	= น้ำหนักจำเพาะของตะกอน (kg/m^3)
	g	= ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/sec^2)
	g_s	= ปริมาณตะกอนที่ท้องน้ำในหน่วยของน้ำหนักกับเวลาต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง (kg/sec/m)

การคำนวณปริมาณตะกอนที่ท้องน้ำจากสมการของไฮสไตน์สามารถทำได้โดยคำนวณหาค่าความเข้มข้นของแรงเฉือนที่ผิวตะกอน (ψ) จากสมการที่ 3.7 แล้วนำไปพิจารณาหาค่าความเข้มข้นของการขนส่งตะกอน (ϕ) จากรูปที่ 3.5 หลังจากนั้นนำค่าความเข้มข้นของการขนส่งตะกอน ไปแทนในสมการที่ 3.8 เพื่อทำการคำนวณปริมาณตะกอนที่ท้องน้ำที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 สมการของคาร์ลินสกี

เป็นสมการที่ใช้ความสัมพันธ์ของแรงเฉือนลากที่ท้องน้ำประเมินหาปริมาณตะกอนท้องน้ำซึ่งสำหรับการวิเคราะห์โดยใช้สมการนี้เหมาะสำหรับปริมาณการไหลของน้ำที่มีอัตราการขนส่งตะกอนที่สูง เช่น บริเวณภูเขา และเมื่อก่อนมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน โดยที่คาร์ลินสกี ได้เสนอสมการไว้ดังนี้

$$\frac{q_s}{u.d} = fct_k \left[\frac{(\tau_o)_{cr}}{\tau_o} \right] \quad (3.9)$$

$$g_s = g_s \gamma_s \quad (3.10)$$

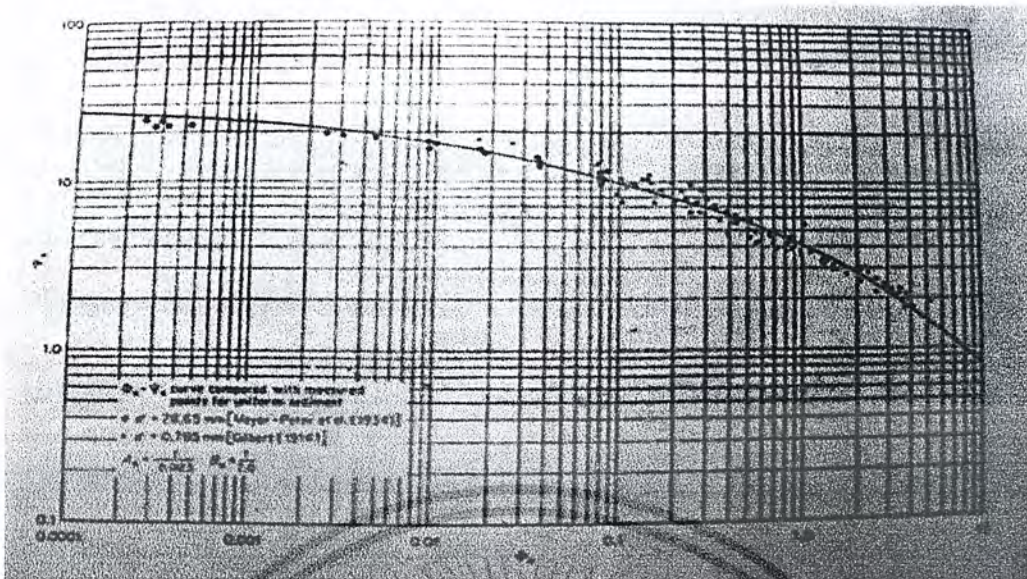
โดยที่

$fct_k \left[\frac{(\tau_o)_{cr}}{\tau_o} \right]$ สามารถทำการหาได้โดยใช้รูปที่ 3.6

เมื่อ

- q_s = ปริมาณการขนส่งตะกอนในหน่วยของปริมาณกับเวลาต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง
- u = แรงเฉือนที่ท้องน้ำ
- d = ขนาดของอนุภาคตะกอนที่ลอดผ่านตะแกรงได้ร้อยละ 35 (d_{50}) (m)
- γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (kg/m^3)
- γ_s = น้ำหนักจำเพาะของตะกอน (kg/m^3)
- h = ความลึกในการไหลของลำน้ำ (m)
- g_s = ปริมาณตะกอนท้องน้ำในหน่วยของน้ำหนักกับเวลาต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง ($kg/sec/m$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า k และค่า c_v ของสมการไฮสไตน์



รูปที่ 3.6 กราฟหาค่าอัตราการขนส่งตะกอน (q_s) จากสมการของคาร์ลีนสกี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 สมการของซอร์คลิสต์

เป็นสมการที่ใช้ความสัมพันธ์ของปริมาณการไหลของน้ำประเมนปริมาณตะกอนท้องน้ำ โดยสมการของซอร์คลิสต์ นั้นเหมาะสำหรับอนุภาคตะกอนที่มีการกระจายของขนาดเม็ดตะกอนที่สม่ำเสมอและมีลักษณะท้องน้ำเป็นทราย โดยสมการของซอร์คลิสต์มีรูปแบบดังต่อไปนี้

$$s_s = \frac{2.5}{\rho_s / \rho} S^{3/2} (q - q_c) \quad (3.11)$$

เมื่อ

S	=	ความลาดท้องน้ำ
ρ_s / ρ	=	ความถ่วงจำเพาะของตะกอน
D	=	ขนาดของอนุภาคตะกอนที่ลอดผ่านตะแกรงได้ร้อยละ 40 (d_{40}) (m)
q	=	ปริมาณการไหลของน้ำ (m^3/sec)
s_s	=	ปริมาณตะกอนท้องน้ำในหน่วยของน้ำหนักกับเวลาต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง ($kg/sec/m$)

3.8.5 การนำสมการพื้นฐานมาประยุกต์กับวิธีของ Finite Volume

สมการพื้นฐานที่นำมาใช้กับวิธี Finite Volume

1. สมการอนุรักษ์พลังงาน

Rate increase of mass fluid element = Net rate of flow of mass into fluid element

$$\rho \frac{Dv}{Dt} \quad (3.12)$$

สมการ เป็น unsteady, three dimensional mass conservation หรือสมการต่อเนื่อง โดยของไหล เป็นของไหลอัดตัวได้ สำหรับของไหลอัดตัวไม่ได้และแบบ steady จะได้สมการใหม่เป็น

$$\text{div}(\rho \mu) = 0 \quad (3.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สมการอนุรักษ์โมเมนตัม

Rate of increase of momentum of fluid particle = Sum of forces on fluid particle

อัตราการเพิ่มขึ้นของ X-,Y-,Z- momentum ต่อปริมาตรหนึ่งหน่วยของอนุภาคการไหลถูกกำหนดขึ้นโดย

$$\rho \frac{Du}{Dt} \quad , \quad \rho \frac{Dv}{Dt} \quad , \quad \rho \frac{Dw}{Dt} \quad (3.14)$$

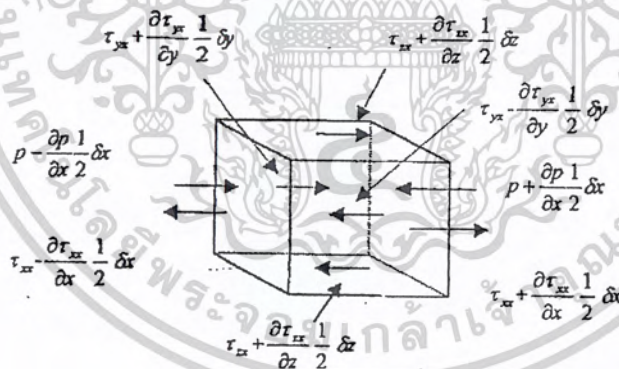
แรงที่ถูกกระทำบนอนุภาคของไหลแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

1. แรงกระทำที่ผิว (surface force)

- แรงเนื่องจากความดัน (pressure force)
- แรงเนื่องจากความหนืด (viscous force)

2. แรงเนื่องจากปริมาตรของวัตถุ (body force)

- แรงเนื่องจากแรงดึงดูด (gravity force)



รูปที่ 3.7 แสดง stress components ในทิศทาง X

พิจารณา X - components ของแรงในตัวแปรของความดัน p และ stress components τ_{xx} , τ_{yx} และ τ_{xx} ดังแสดงเอาไว้ในรูปที่แรงสุทธิในทิศทาง X จะเท่ากับผลรวมของแรงที่กระทำในทิศทางนั้นบนอนุภาคของของไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \left(-\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} \right) \delta x \delta y \delta z \quad (3.15)$$

แรงสุทธิในทิศทาง X ทางด้านเหนือและใต้ (N,S) คือ

$$-\left(\tau_{xy} - \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \frac{1}{2} \delta y \right) \delta x \delta z + \left(\tau_{xy} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \frac{1}{2} \delta y \right) \delta x \delta z = \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \delta x \delta y \delta z \quad (3.16)$$

และแรงสุทธิในทิศทาง X ทางด้านบนและด้านล่าง (T,B) ได้แก่

$$-\left(\tau_{zy} - \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \frac{1}{2} \delta z \right) \delta x \delta y + \left(\tau_{zy} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \frac{1}{2} \delta z \right) \delta x \delta y = \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \delta x \delta y \delta z \quad (3.17)$$

แรงลัพธ์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของของไหลเท่ากับผลรวมของสมการ (3.15) , (3.16) และ (3.17) หารด้วยปริมาตร $\delta x \delta y \delta z$:

$$\frac{\partial(-p + \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \quad (3.18)$$

สำหรับ body force นั้น ไม่ได้พิจารณาในรายละเอียดผลกระทบทั้งหมดสามารถถูกรวมเข้าไปโดยการกำหนด source term (S_{mx}) ของทิศทาง X - components

สมการอนุรักษ์พลังงานของโมเมนตัมในทิศทาง X หาได้โดยการให้อัตราเปลี่ยนแปลงของ X - components ของอนุภาคของของไหล (3.15) เท่ากับแรงรวมในทิศทาง X บนอนุภาคในรูปของความเค้นเฉือน (3.18) บวกด้วยอัตราการเพิ่มของ X - components ในรูปของ source force

$$\rho \frac{Du}{Dt} = \frac{\partial(-p + \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + S_{mx} \quad (3.19)$$

ในทำนองเดียวกันกับสมการอนุรักษ์โมเมนตัมในทิศทาง Y จะได้

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \frac{\partial(-p + \tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + S_{my} \quad (3.20)$$

3.8.6 Equations of state

จากการเคลื่อนที่ของของไหลชนิดใดๆ ใน 2 มิติ ถูกอธิบายในสมการ Partial differential ทั้ง 4 สมการนั้น ตัวแปรที่ไม่ทราบค่าประกอบไปด้วย ρ, ρ, i, T ซึ่งเป็นตัวแปรทางเทอร์โมไดนามิก ในการอธิบายอย่างสั้น ๆ นี้เราแสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรทั้ง 4 นี้ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางเทอร์โมไดนามิก สามารถได้รับผ่านการสมมุติของความสมมูลย์ทางเทอร์โมไดนามิก

ความเร็วของของไหลอาจจะมีค่ามากแต่โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าน้อยเพียงพอถึงแม้ว่าคุณสมบัติของอนุภาคของของไหลจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งของไหลสามารถปรับตัวมันเองเข้าสู่เงื่อนไขใหม่อย่างรวดเร็ว พอกลับมีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันนั้นของไหลจะยังคงอยู่ในสมดุลทางเทอร์โมไดนามิกอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการอธิบายสภาพของสสารในความสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิก โดยอาศัยเพียงตัวแปร 2 ตัว Equations of state แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรอื่น ๆ ที่มีตัวแปรสถานะ 2 ค่า ถ้าเรา ρ, T เป็นตัวแปรสถานะจะได้ state equation สำหรับ P และพลังงานภายใน i

$$P = P(\rho, T) \quad i = i(\rho, T) \quad (3.21)$$

เช่นสำหรับก๊าซสมบูรณ์ equation of state ได้แก่

$$P = \rho RT \quad i = C_v T \quad (3.22)$$

การไหลของของเหลวและก๊าซที่ความเร็วต่ำจะเหมือนกับของไหลเป็นแบบอัดตัวไม่ได้ ทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น มีผลทำให้ไม่มีการเชื่อมโยงระหว่างสมการพลังงานกับสมการอนุรักษ์มวลและสมการอนุรักษ์โมเมนตัม สนามการไหลสามารถแก้ปัญหาได้โดยการพิจารณาสมการอนุรักษ์มวลและสมการอนุรักษ์โมเมนตัม ส่วนสมการพลังงานจะจำเป็นเพียงการแก้ไขปัญหาควบคู่กับสมการอื่นๆถ้าปัญหามีส่วนเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน

3.8.7 สมการ Navier-stokes สำหรับของไหลแบบ Newtonian

สมการที่เกี่ยวข้องที่กล่าวมาจะประกอบไปด้วยส่วนของ viscous stress ที่ไม่ทราบค่า τ_{ij} รูปแบบที่ใช้ส่วนมากของสมการอนุรักษ์สำหรับไหลของของไหลจะถูกได้รับ โดยการแนะนำต้นแบบที่สะดวกสำหรับ τ_{ij} ในการไหลของของไหลโดยมาก viscous stress สามารถถูกแทนโดยฟังก์ชันของอัตราการเปลี่ยนรูป

การประยุกต์สมการโดยภายใต้การสมมติที่ว่าไหลเป็น isotropic อัตราการเปลี่ยนแปลงรูปเชิงเส้นของอนุภาคของของไหลมี 9 องค์ประกอบใน 3 ทิศทางได้แก่

$$\begin{aligned} e_{xx} &= \frac{\partial u}{\partial x}, \quad e_{yy} = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad e_{zz} = \frac{\partial w}{\partial z} \\ e_{xy} &= e_{yx} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right), \quad e_{xz} = e_{zx} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\ e_{yz} &= e_{zy} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (3.23)$$

การเปลี่ยนรูปเชิงปริมาตรสามารถหาได้โดยสมการ

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = \text{div } \mathbf{u}$$

สำหรับการไหล newtonian, viscous stress ได้ส่วนต่ออัตราการเปลี่ยนรูป รูปแบบ 3 มิติของกฎของนิวตันของความหนืดสำหรับการไหลแบบอัดตัวได้เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของค่าคงที่ 2 ค่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการไหล newtonian, viscous stress ได้ส่วนต่ออัตราการเปลี่ยนรูปร่างแบบ 3 มิติของกฎของนิวตันของความหนืดสำหรับการไหลแบบอัดตัวได้เกี่ยวข้องกับความเร็วเฉลี่ยของค่าคงที่ 2 ค่า ค่าแรกได้แก่ ความหนืด μ สัมพันธ์ต่อความเค้นกับการเปลี่ยนรูปร่างเชิงเส้น และความหนืดอย่างที่สอง λ , สัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนรูปร่างปริมาตร องค์ประกอบของ viscous stress 9 ค่า ซึ่ง 6 ค่า ใน 9 ค่า เป็นอิสระ คือ

$$\tau_{xx} = 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda \operatorname{div} u, \tau_{yy} = 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} + \lambda \operatorname{div} u, \tau_{zz} = 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} + \lambda \operatorname{div} u$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right), \sigma_{xx} = -P - \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \vec{V} + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad (3.24)$$

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right), \sigma_{yy} = -P - \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \vec{V} + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad (3.25)$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right), \sigma_{zz} = -P - \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \vec{V} + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \quad (3.26)$$

สำหรับความหนืดอย่างที่สอง λ ไม่เป็นที่รู้จักมากนัก เพราะว่ากระหนบของมันมีค่าน้อยมาก สำหรับก๊าซการประมาณค่าสำหรับใช้งานของ ความหนืดหาได้จากสมการ $\lambda = -\frac{2}{3} \mu$ ของเหลวเป็นแบบอัดตัวไม่ได้ตั้งนั้นสมการอนุรักษ์มวลคือ $\operatorname{div} u = 0$ และ viscous stress จะมีค่าเป็นสองเท่าของอัตราการเปลี่ยนรูปร่างเชิงเส้นคูณกับความหนืด μ
แทนค่าความเค้นเฉือนจะได้ สมการ Navier–Stokes

$$\rho \frac{Du}{Dt} = \rho g_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{V} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right]$$

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \rho g_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{V} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right]$$

$$\rho \frac{Dw}{Dt} = \rho g_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \nabla \cdot \vec{V} \right) \right] \quad (3.27)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ Finite Volume Method

จากสมการที่เราสามารถจัดให้อยู่ในรูป General form โดยมีรูปแบบดังนี้

$$\frac{\partial(\rho\Phi)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u\Phi)}{\partial x} + \frac{\partial(r\rho v\Phi)}{r\partial r} = \frac{\partial\left[\Gamma_{\Phi x}\left(\frac{\partial\Phi}{\partial x}\right)\right]}{\partial x} + \frac{\partial\left[r\Gamma_{\Phi r}\left(\frac{\partial\Phi}{\partial r}\right)\right]}{r\partial r} - s_{\Phi} \quad \text{---GeneralEq.}$$

↓
Term 1

↓
Term 2

↓
Term 3

↓
Term 4

↓
Term 5

↓
Term 6

เมื่อนำสมการที่ได้มาเปรียบเทียบกับ General Equation

1) สำหรับสมการอนุรักษ์มวล

$$\Phi = 1 \quad \Gamma_{\Phi x} = 0 \quad \Gamma_{\Phi r} = 0$$

$$S\Phi = S_u + S_p\Phi_p = 0 + 0, (\Phi_p = 1)$$

2) สำหรับสมการโมเมนตัม

2.1) ในทิศทาง x

$$\Phi = u \quad \Gamma_{\Phi x} = \mu \quad \Gamma_{\Phi r} = \mu$$

$$S\Phi = S_u + S_p\Phi_p = \frac{\partial\left[\mu\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)\right]}{\partial x} + \frac{\partial\left[r\mu\left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)\right]}{r\partial r} - \frac{\partial p}{\partial x} + \rho g\beta\Delta T + 0, (\Phi_p = u)$$

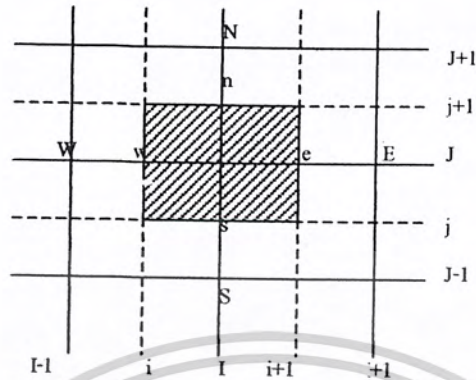
3) สำหรับสมการพลังงาน (Enthalpy = H = C_pT)

$$S\Phi = S_u + S_p\Phi_p = 0 + 0, (\Phi_p = T) \quad \Phi = T \quad \Gamma_{\Phi x} = \mu/Pr \quad \Gamma_{\Phi r} = \mu/Pr$$

$$S\Phi = S_u + S_p\Phi_p = 0 + 0, (\Phi_p = T)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการสำหรับการไหลแบบ Unsteady Flow



รูปที่ 3.8 แสดงอนุภาคของของไหลที่ใช้ Finite Volume Method หรือเรียกว่า cell control volume

The Cell Control Volume

ทำการ Discretised General Equation ในลักษณะการไหลแบบ Laminar Unsteady Incompressible Flow ในรูปที่ 3.8

Term 1 Unsteady Term

$$\int_c \forall \int_t^{t+\Delta t} \left[\frac{\partial(\rho\Phi)}{\partial t} \right] dt d\forall = \rho(\Phi_p - \Phi_p^0) \Delta\forall$$

$$= \rho^0(\Phi_p - \Phi_p^0) \Delta\forall \quad (3.28)$$

Term 2 and Term 3 Convection Term

$$\frac{\partial(\rho u\Phi)}{\partial x} + \frac{\partial(r\rho v)}{r\partial r} = \int_{c\forall} \int_t^{t+\Delta t} \left[\frac{\partial(\rho u\Phi)}{\partial x} \right] dt d\forall + \int_{c\forall} \int_t^{t+\Delta t} \left[\frac{\partial(r\rho v\Phi)}{r\partial r} \right] dt d\forall$$

$$= \int_t^{t+\Delta t} \left[\partial \int_A (\rho u\Phi) dA_x \right] dt + \int_t^{t+\Delta t} \left[\partial \int_A (r\rho v\Phi) dA_r \right] dt$$

$$= \int_t^{t+\Delta t} \left[(\rho u\Phi)_n - (\rho u\Phi)_s \right] dt + \int_t^{t+\Delta t} \left[(\rho v\Phi)_e - (\rho v\Phi)_w \right] dt \quad (3.29)$$

กำหนดให้

$$1) F = \rho u, \rho v$$

$$2) \int_t^{t+\Delta t} (\Phi) dt = [\theta(\Phi) + (1-\theta)(\Phi^0)] \Delta t$$

$$= [\theta(F_n A_n \Phi_n - F_s A_s \Phi_s) + (1-\theta)(F_n A_n \Phi_n^0 - F_s A_s \Phi_s^0)] \Delta t$$

$$+ [\theta(F_e A_e \Phi_e - F_w A_w \Phi_w) + (1-\theta)(F_e A_e \Phi_e^0 - F_w A_w \Phi_w^0)] \Delta t \quad (3.30)$$

สำหรับ Implicit Scheme ($\theta = 1$)

$$= [(F_n A_n \Phi_n - F_s A_s \Phi_s)] \Delta t + [(F_e A_e \Phi_e - F_w A_w \Phi_w)] \Delta t \quad (3.31)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ Implicit Scheme ($\theta = 1$)

$$= \left[(F_n A_n \Phi_n - F_s A_s \Phi_s) \right] \Delta t + \left[(F_e A_e \Phi_e - F_w A_w \Phi_w) \right] \Delta t \quad (3.31)$$

Term 4 and 5 Diffusion Term

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \left[\Gamma_{\Phi x} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) \right]}{\partial x} + \frac{\partial \left[r \Gamma_{\Phi x} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) \right]}{r \partial r} \\ &= \int_c \forall \int_t^{t+\Delta t} \left[\frac{\partial \left[\Gamma_{\Phi x} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) \right]}{\partial x} \right] dt d\forall + \int_c \forall \int_t^{t+\Delta t} \frac{\partial \left[r \Gamma_{\Phi x} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) \right]}{r \partial r} dt d\forall \\ &= \int_t^{t+\Delta t} \left[\partial \int_A \Gamma_{\Phi x} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) dA_x \right] dt + \int_t^{t+\Delta t} \left[\frac{\partial \int_A r \Gamma_{\Phi x} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) dA_r}{r} \right] dt \end{aligned}$$

Use Central Difference Scheme

$$\begin{aligned} \partial \Phi_e &= \left(\frac{\Phi_E + \Phi_P}{2} \right) & \partial \Phi_n &= \left(\frac{\Phi_N + \Phi_P}{2} \right) \\ \partial \Phi_w &= \left(\frac{\Phi_P + \Phi_W}{2} \right) & \partial \Phi_s &= \left(\frac{\Phi_P + \Phi_S}{2} \right) \\ &= \int_t^{t+\Delta t} \left[\left(\Gamma_{\Phi n} A_n \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)_n \right) \right] - \left[\left(\Gamma_{\Phi s} A_s \left(\frac{\partial \Phi}{\partial r} \right)_s \right) \right] dt \\ &+ \int_t^{t+\Delta t} \left[\left(\Gamma_{\Phi e} A_e \left(\frac{\partial \Phi}{\partial r} \right)_e \right) \right] - \left[\left(\Gamma_{\Phi w} A_w \left(\frac{\partial \Phi}{\partial r} \right)_w \right) \right] dt \\ &= \int_t^{t+\Delta t} \left[\left(\frac{\Gamma_{\Phi n} A_n}{2} \left(\frac{\Phi_N - \Phi_P}{\delta x_{PN}} \right) \right) - \left(\frac{\Gamma_{\Phi s} A_s}{2} \left(\frac{\Phi_P - \Phi_S}{\delta x_{SP}} \right) \right) \right] dt \\ &+ \int_t^{t+\Delta t} \left[\left(\frac{\Gamma_{\Phi e} A_e}{2} \left(\frac{\Phi_E - \Phi_P}{\delta r_{PE}} \right) \right) - \left(\frac{\Gamma_{\Phi w} A_w}{2} \left(\frac{\Phi_P - \Phi_W}{\delta x_{WP}} \right) \right) \right] dt \end{aligned}$$

กำหนดให้ 1) $D = \frac{\Gamma_{\Phi}}{\delta x}, \frac{\Gamma_{\Phi}}{\delta r}$

2) $\int_t^{t+\Delta t} (\Phi) dt = [\theta(\Phi) + (1-\theta)(\Phi^0)] \Delta t$

$$\begin{aligned} &= \left[D_n A_n \left(\frac{\Phi_N - \Phi_P}{2} \right) - D_s A_s \left(\frac{\Phi_P - \Phi_S}{2} \right) \right] \Delta t \\ &+ \left[D_e A_e \left(\frac{\Phi_E - \Phi_P}{2} \right) - D_w A_w \left(\frac{\Phi_P - \Phi_W}{2} \right) \right] \Delta t \end{aligned}$$

(3.32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Term 6 Source Term

$$\int_c \nabla \int_t^{t+\Delta t} (s\Phi) dt dV = s_{\Phi} \Delta V \Delta t = [s_U + s_p \Phi_p] \Delta t \quad (3.33)$$

รวม Term 1 ถึง 6 และหารตลอดด้วย

$$\begin{aligned} & \rho^0 (\Phi_p - \Phi_p^0) \frac{\Delta V}{\Delta t} \left[D_n A_n \left(\frac{\Phi_N - \Phi_P}{2} \right) - D_s A_s \left(\frac{\Phi_P - \Phi_S}{2} \right) \right] \\ & + [(F_n A_n \Phi_n - F_s A_s \Phi_s)] = + \left[D_e A_e \left(\frac{\Phi_E - \Phi_P}{2} \right) - D_w A_w \left(\frac{\Phi_P - \Phi_W}{2} \right) \right] \\ & + [(F_e A_e \Phi_e - F_w A_w \Phi_w)] + [s_U + s_p \Phi_p] \end{aligned}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การดำเนินการทดลองและอุปกรณ์

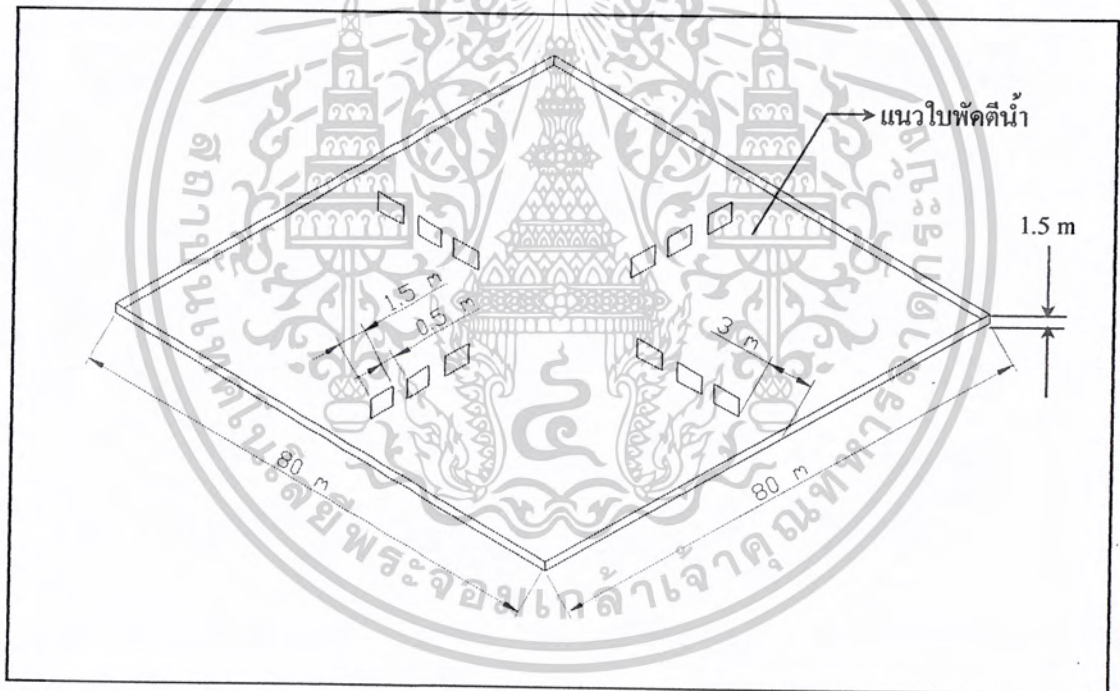
การดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

4.1 ข้อมูลจากภาคสนาม

4.2 การทำงานของโปรแกรม

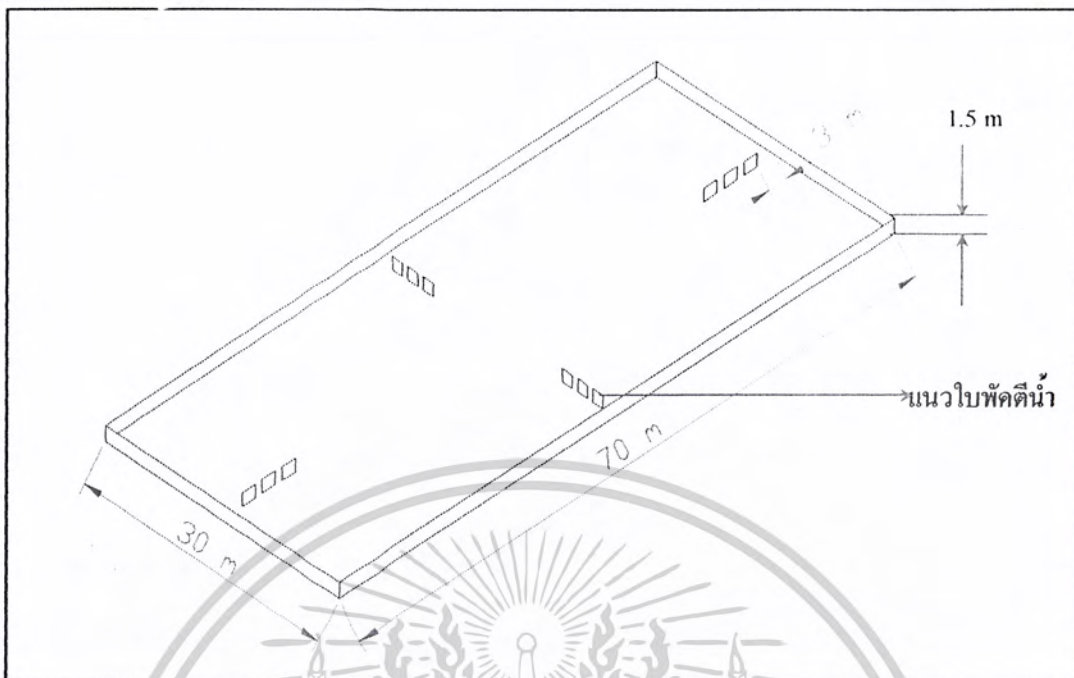
4.1 ข้อมูลจากภาคสนาม

4.1.1 รูปร่างลักษณะของบ่อ รูปร่างลักษณะของบ่อนั้นผู้จัดทำได้เดินทางไปสำรวจและเก็บข้อมูลของบ่อเลี้ยงกุ้งจริง ณ จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นบ่อที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาว มีขนาด 80×80 เมตร มีความลึกของน้ำประมาณ 1.5 เมตร



รูปที่ 4.1 แสดงขนาดบ่อ $80 \times 80 \times 1.5$ เมตร และการติดตั้งใบตีน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

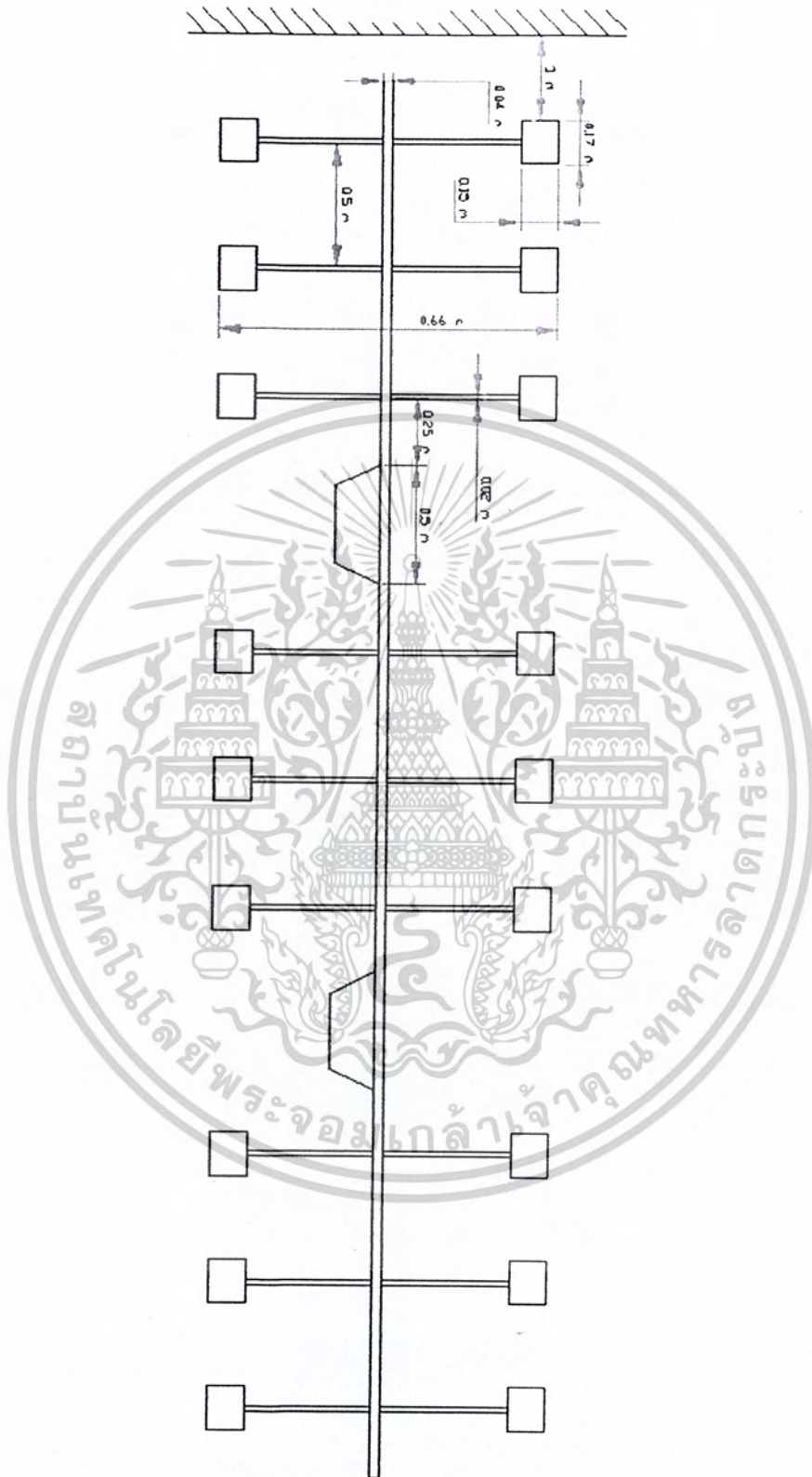


รูปที่ 4.2 แสดงขนาดบ่อ 30x 70x1.5 เมตร และการติดตั้งใบตีน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งจริง

4.1.2 ลักษณะการติดตั้งใบพัด จะมีทั้งหมด 3 บ่อ ซึ่งทั้ง 3 บ่อนี้จะมีขนาดเท่ากัน ลักษณะของการติดตั้งชุดของใบตีน้ำนี้ จะติดตั้งห่างจากขอบบ่อ 3 เมตร ติดตั้งทั้งหมด 4 ด้านต่อ 1 บ่อ แต่ละด้านจะมี 3 ชุดใบพัด โดย 1 ชุดใบพัด จะมีใบตีน้ำ 3 ใบตี แต่ละใบตีห่างกันที่ 0.5 เมตร แสดงว่า 1 ชุดใบพัดยาว 1.5 เมตร และแต่ละชุดใบพัดห่างกัน 0.5 เมตร ชุดใบพัดจะส่งกำลังโดยเพลลาซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และจะมีท่อนลอยน้ำติดตั้งได้แกนเพลลาเพื่อพยุงชุดใบตีน้ำไม่ให้จมไปในน้ำ ใบตีน้ำมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.66 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังบ่อ



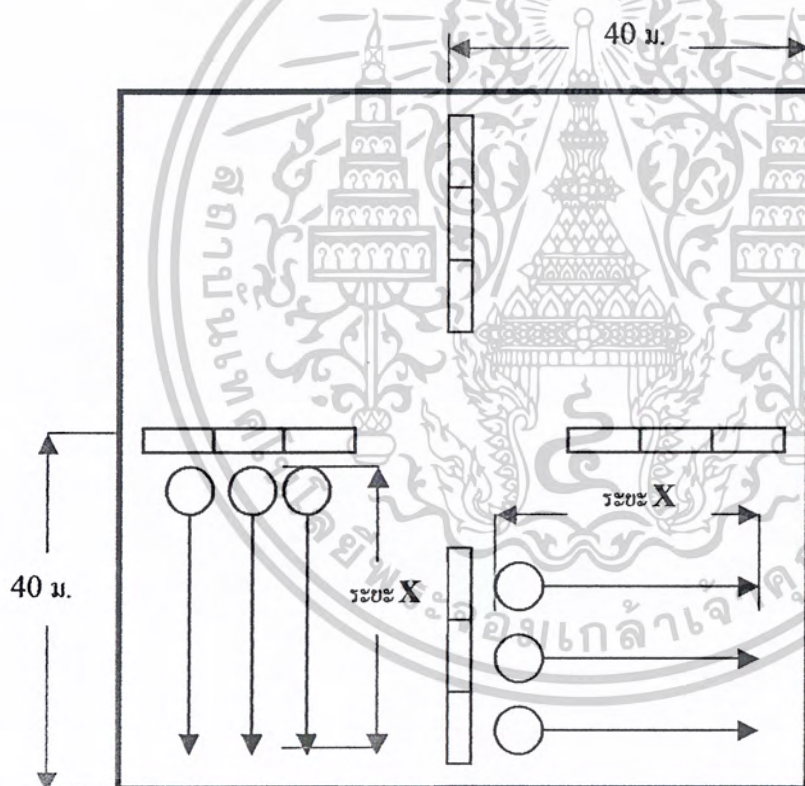
รูปที่ 4.3 แสดงขนาดของชุดใบตึ้นน้ำในหนึ่งด้านของบ่อเลี้ยงกุ้งจริง (หน่วยเป็น เมตร)
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ความเร็วรอบของใบพัดคัตน้ำ

ผู้จัดทำได้ทำการวัดความเร็วรอบโดยเครื่องวัดความเร็วรอบกับแกนเพลลาของเกียร์ทครอบซึ่งเกียร์ทครอบนี้จะต่อแกนเพลลาไปจับชุดใบพัดที่อยู่ในบ่อเลี้ยงกุ้ง

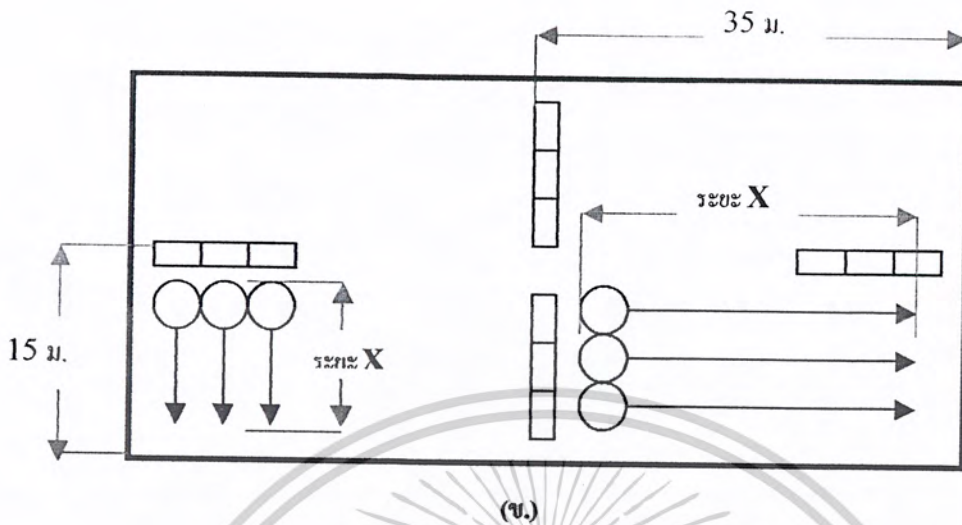
4.1.4 ความเร็วที่ผิวหน้า

ผู้จัดทำได้ทำการวางแผนการวัดหาค่าความเร็วที่ผิวหน้า โดยทำการกำหนดจุดเริ่มต้นที่วัดหาค่าอัตราความเร็วที่ผิวหน้าห่างจากชุดใบพัด 1 เมตร ปล่อยลูกปิงปองในขณะที่ใบพัดคัตน้ำกำลังทำงานอยู่ และทำการบันทึกเวลาทุก ๆ ระยะห่าง 1 เมตร จากจุดปล่อยลูกปิงปอง แสดงดังรูปที่ 4.4 ทำการทดลอง 5 ครั้งในแต่ละจุด ผลการทดลองที่ได้จะนำไปเขียนกราฟเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับผลการทดลองจากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยโปรแกรม



(ก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการกำหนดจุดที่ใช้วัดความเร็วที่ผิวน้ำ (ก) เป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาด $80 \times 80 \times 1.5$ เมตร (ข) เป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด $30 \times 70 \times 1.5$ เมตร

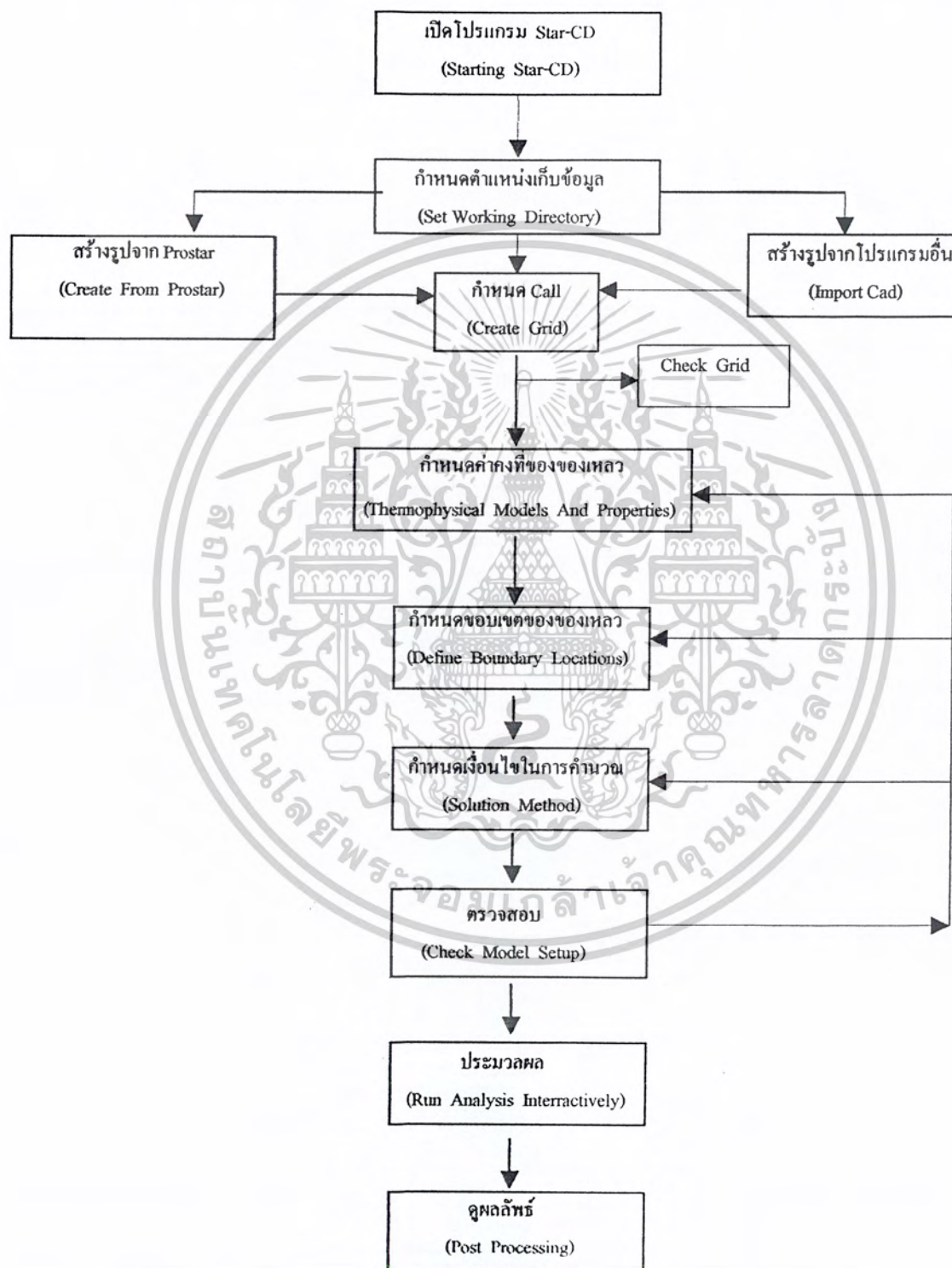
4.1.5 การหาความหนาแน่นของสิ่งทำให้เกิดตะกอน

ผู้จัดทำได้ทำการหาความหนาแน่นของสิ่งทำให้เกิดตะกอน ในที่นี้กำหนดให้สิ่งทำให้เกิดตะกอนมากที่สุดคืออาหารกุ้ง

สำหรับการทดลองหาความหนาแน่นของสิ่งทำให้เกิดตะกอนในบ่อเลี้ยงกุ้งนั้นจะทำการทดลองซึ่งหาค่าน้ำหนักของอาหารกุ้ง โดยการผสมน้ำลงไป ในอาหารกุ้งจนขึ้นนำไปใส่ภาชนะที่ทราบปริมาตรกดอัดให้แน่นเพื่อให้มีความพรุนน้อยที่สุดน้ำหนักที่วัดได้นำมาหักลบกับน้ำหนักของภาชนะบรรจุ เมื่อได้น้ำหนักสุทธิของอาหารกุ้งแล้วจะนำมาหารด้วย ปริมาตรของภาชนะบรรจุ จะได้ค่าความหนาแน่นของอาหารกุ้ง

4.2 โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ

โปรแกรมที่ใช้คือ STAR – CD V 3.15 ซึ่งมีโครงสร้างของ โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณดังนี้



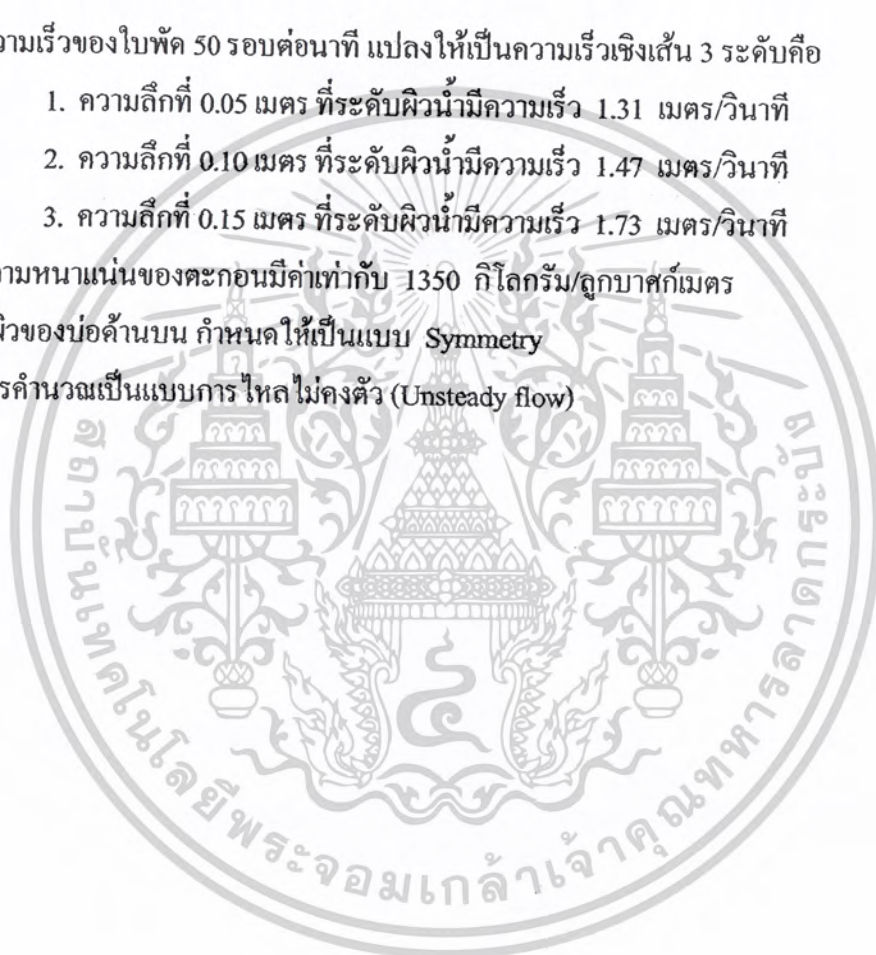
รูปที่ 4.3 ภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม STAR – CD V.3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขที่ถูกต้องขึ้นในการคำนวณ

- ขนาดบ่อกึ่ง มีขนาดความกว้าง 80 เมตร ความยาว 80 เมตร และอีกบ่อมีขนาดความกว้าง 80 เมตร ความยาว 70 เมตร ทั้ง 2 บ่อนี้มีความลึกเท่ากันที่ 1.5 เมตร
 - จำนวนแขนใบพัดที่ใช้จำนวน 4 แขน ดังแสดงในบทที่ผ่านมา แต่ละแขนมีจำนวน 3 ชุดใบพัดแต่ละชุดมีใบพัด 3 ตัว ใบพัดแต่ละตัวห่างกัน 0.5 เมตร และติดตั้งใบห่างจากขอบฝั่งบ่อ 3 เมตร
- หมายเหตุ** กำหนดให้ใบพัดตีน้ำเต็มใบ

- ความเร็วของใบพัด 50 รอบต่อนาที แปลงให้เป็นความเร็วเชิงเส้น 3 ระดับคือ
 1. ความลึกที่ 0.05 เมตร ที่ระดับผิวน้ำมีความเร็ว 1.31 เมตร/วินาที
 2. ความลึกที่ 0.10 เมตร ที่ระดับผิวน้ำมีความเร็ว 1.47 เมตร/วินาที
 3. ความลึกที่ 0.15 เมตร ที่ระดับผิวน้ำมีความเร็ว 1.73 เมตร/วินาที
- ความหนาแน่นของตะกอนมีค่าเท่ากับ 1350 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
- ที่ผิวของบ่อด้านบน กำหนดให้เป็นแบบ Symmetry
- การคำนวณเป็นแบบการไหลไม่คงตัว (Unsteady flow)



บทที่ 5

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งผลการทดลองหาความเร็วที่ผิวน้ำจากบ่อเลี้ยงจริงและส่วนที่สองผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของตะกอนโดยโปรแกรม STAR-CD V. 3.15

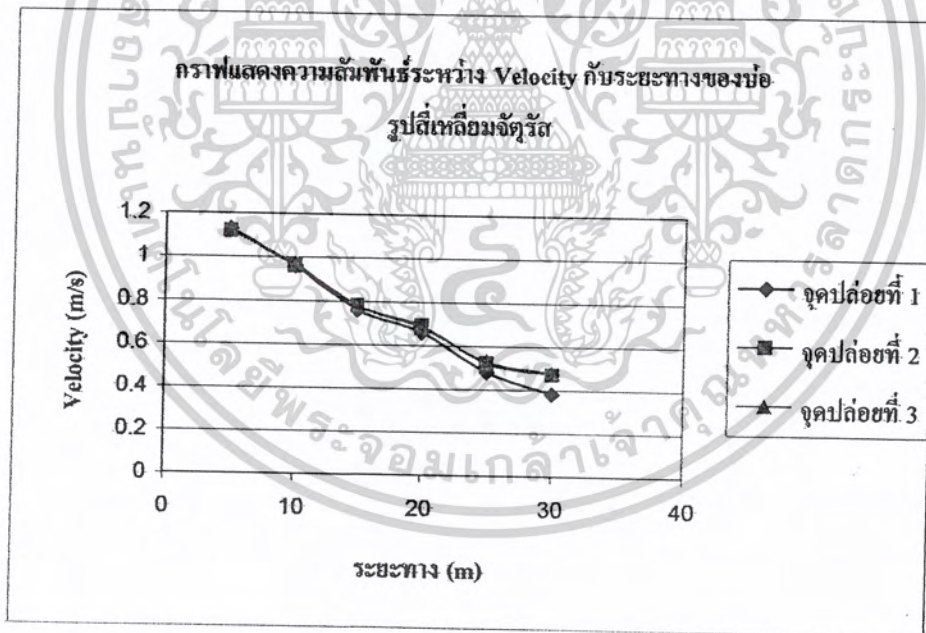
5.1 ผลการทดลองจากภาคสนาม

5.2 ผลการทดลองจากการวิเคราะห์โดย โปรแกรม STAR-CD V.3.15

5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลอง

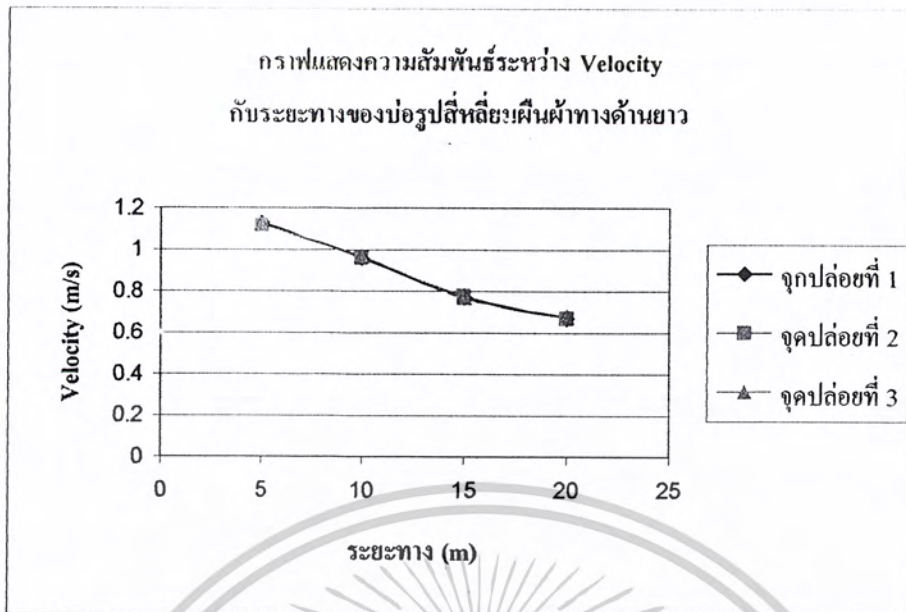
5.1 ผลการทดลองจากภาคสนาม

การทดลองหาความเร็วที่ผิวน้ำจากบ่อเลี้ยงจริง จากการทดลอง พบว่าเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นความเร็วที่ผิวน้ำจะลดลงตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองแสดงอยู่ในภาคผนวก และแสดงผลลัพธ์ รูปที่ 5.1, 5.2 และ 5.3

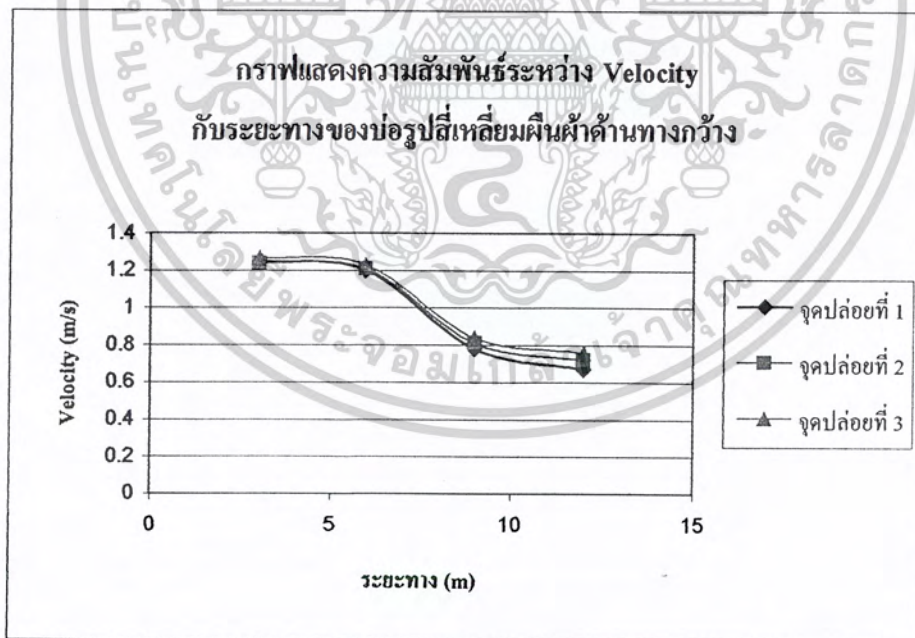


รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ผิวน้ำกับระยะห่างจากปล่อยของบ่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ผิวน้ำกับระยะห่างจากปล่อยของบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านยาว



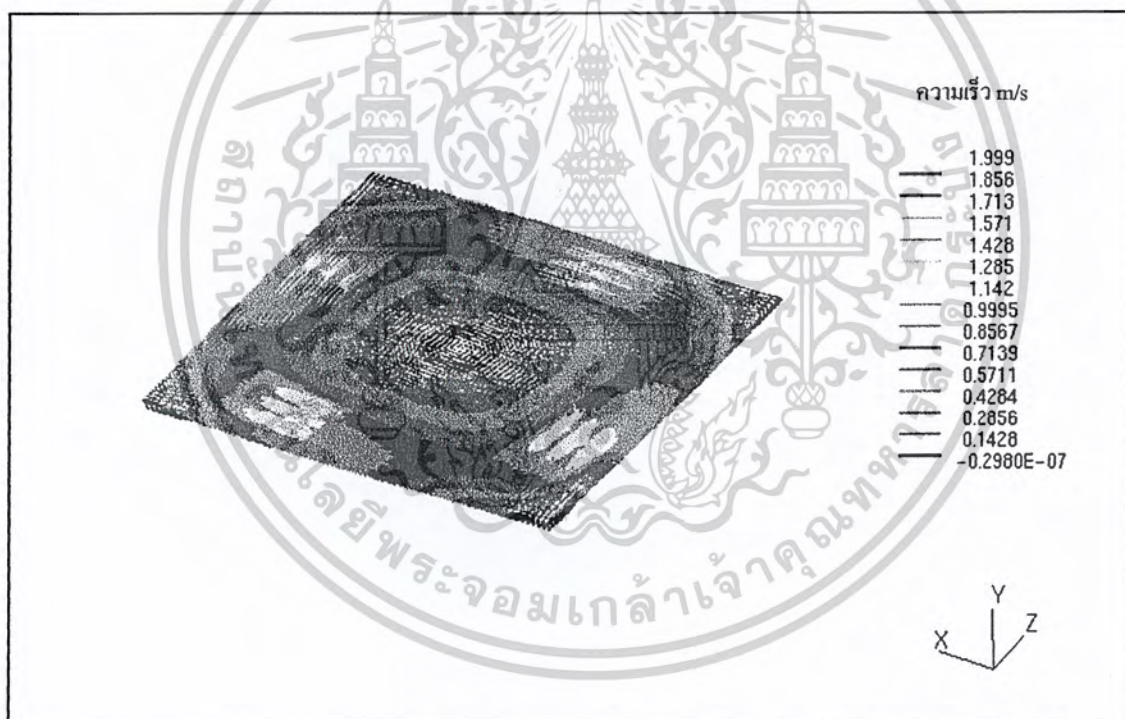
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ผิวน้ำกับระยะห่างจากปล่อยของบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าด้านกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลองจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม STAR-CD 3.15

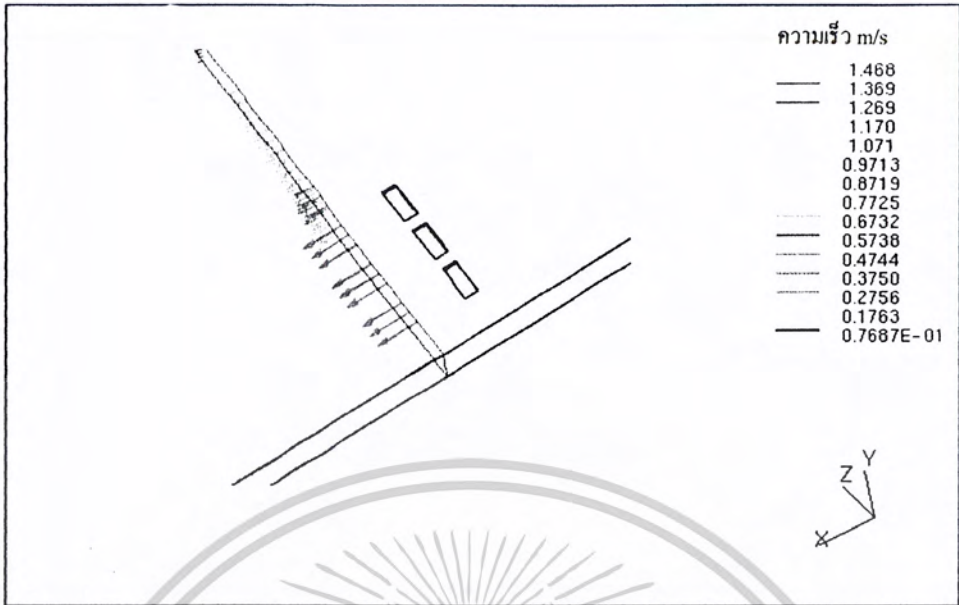
5.2.1 ผลความเร็วของตะกอนที่ผิวหน้าของบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยโปรแกรม STAR-CD V3.15

จากการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยโปรแกรม STAR-CD V3.15 พบว่าความเร็วของตะกอนตรงจุดที่ใกล้ชุดไบคีน้ามีความเร็วสูง แต่เมื่อมีระยะทางจากชุดไบคีน้าเพิ่มขึ้นความเร็วของตะกอนลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเร็วที่ระยะทางต่างๆแสดงดังรูปที่ 5.5 ถึงรูปที่ 5.8 และที่บริเวณกลางบ่อเลี้ยงกุ้งค่าความเร็วของตะกอนมีค่าน้อยมากแต่เมื่อระยะทางตามแนวรัศมีเพิ่มขึ้นความเร็วของตะกอนมีค่าการเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมีเพิ่มจึงเกิดชั้นความเร็วตามแนวรัศมีและที่มุมของบ่อเลี้ยงกุ้งความเร็วของตะกอนมีค่าน้อยแต่เมื่อระยะห่างขอบบ่อเพิ่มขึ้นความเร็วของตะกอนมีค่าการเพิ่มซึ่งลักษณะการเคลื่อนตัวของตะกอนและค่าความเร็วแสดงดังรูปที่ 5.4

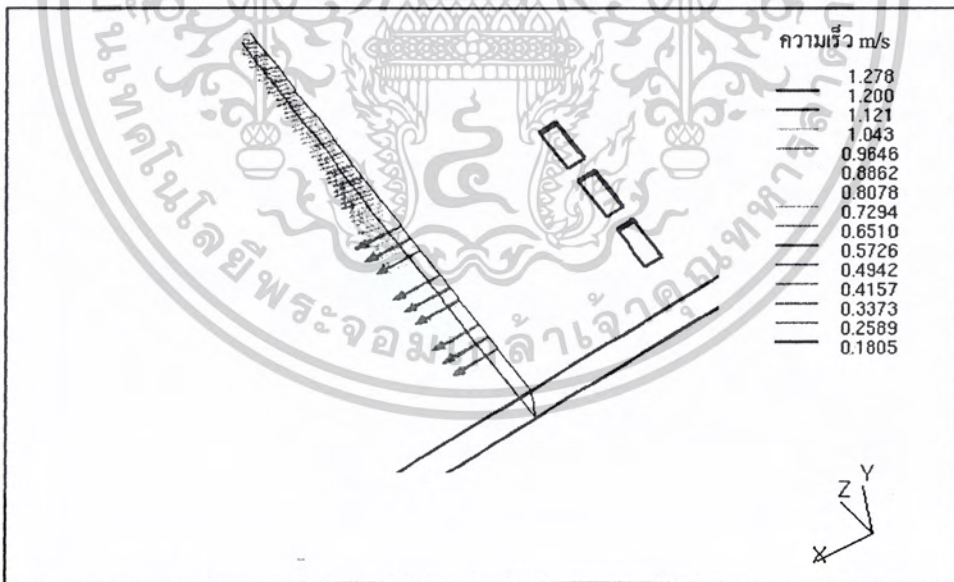


รูปที่ 5.4 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ที่ตำแหน่งของผิวหน้าของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

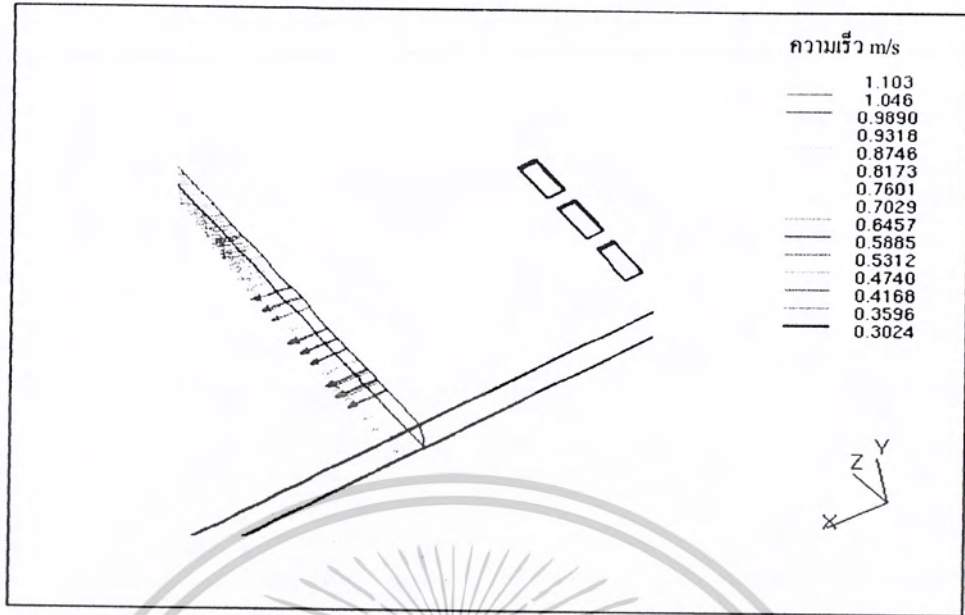


รูปที่ 5.5 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดใบตึ้นน้ำ 3.5 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

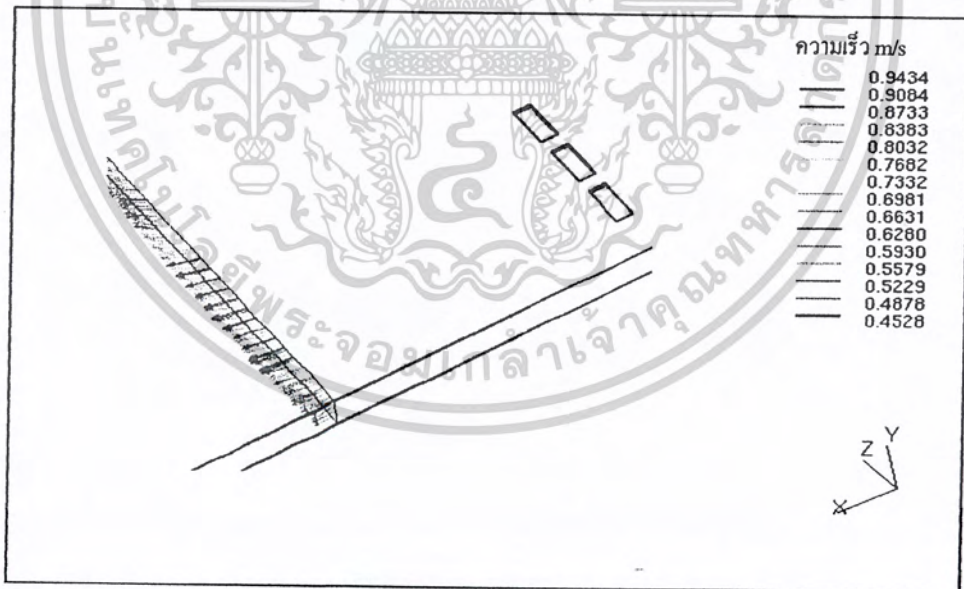


รูปที่ 5.6 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดใบตึ้นน้ำ 8.50 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดใบตึ้นน้ำ 13.5 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส



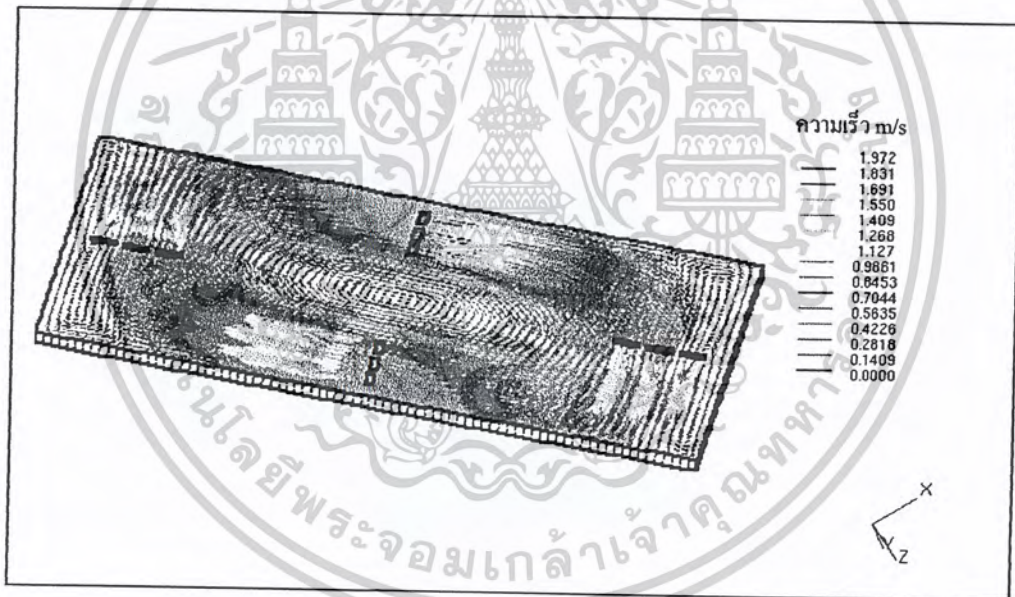
รูปที่ 5.8 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดใบตึ้นน้ำ 18.5 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

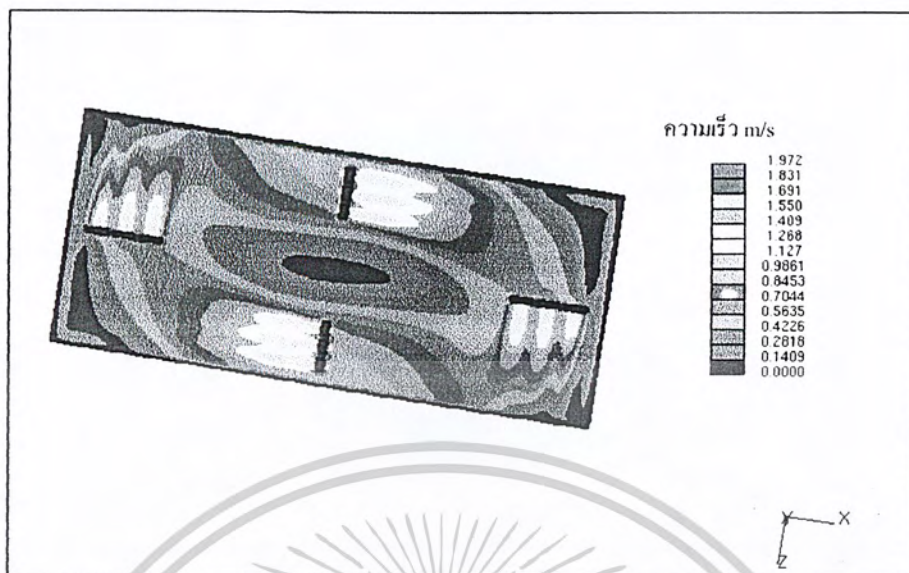
5.2.2 ผลความเร็วของตะกอนที่ผิวหน้าของบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยโปรแกรม STAR-CD V3.15

จากการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยโปรแกรม STAR-CD V3.15 พบว่าความเร็วของตะกอนตรงจุดที่ใกล้ซูดไบตึ้นน้ำมีความเร็วสูง แต่เมื่อมีระยะทางจากซูดไบตึ้นน้ำเพิ่มขึ้นความเร็วของตะกอนลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเร็วที่ระยะทางต่างๆแสดงดังรูปที่ 5.12 ถึงรูปที่ 5.19 บริเวณกึ่งกลางบ่อเลี้ยงกุ้งการเคลื่อนตัวของตะกอนมีลักษณะเป็นรูปวงรี และที่จุดศูนย์กลางมีการเคลื่อนตัวของตะกอนน้อยมากจนมีความเร็วเป็นศูนย์และความเร็วของตะกอนค่อยๆเพิ่มขึ้นตามแนวรัศมีในลักษณะรูปวงรี

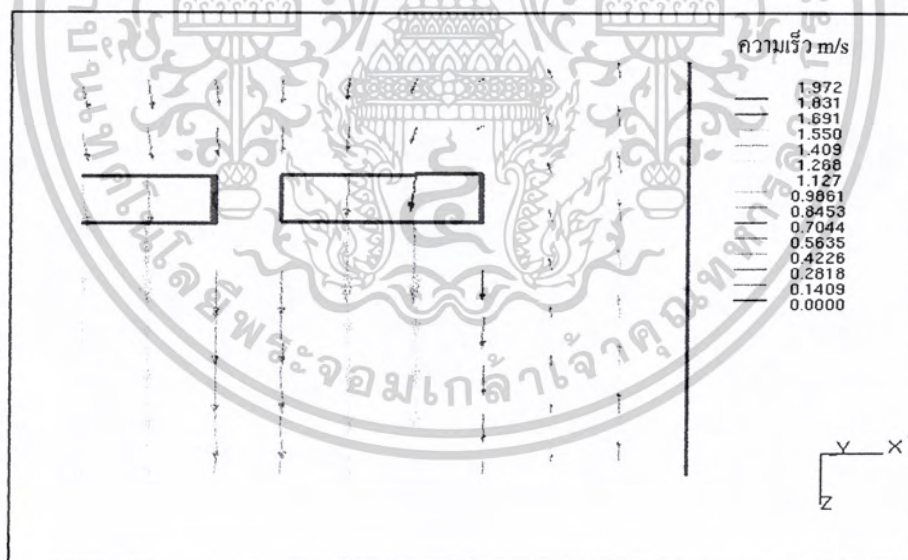
จากการแสดงผลความเร็วแบบ Contour Filled พบว่าความเร็วของการเคลื่อนตัวของตะกอนทางด้านการทำงานของซูดไบตึ้นน้ำ 30 เมตร ทางด้านทิศหนึ่งบ่อมีการลดลงของการเคลื่อนตัวของตะกอนอย่างชัดเจนและมีการเคลื่อนตัวกลับของตะกอนซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.9 และรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.9 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ที่ตำแหน่งของผิวหน้าของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

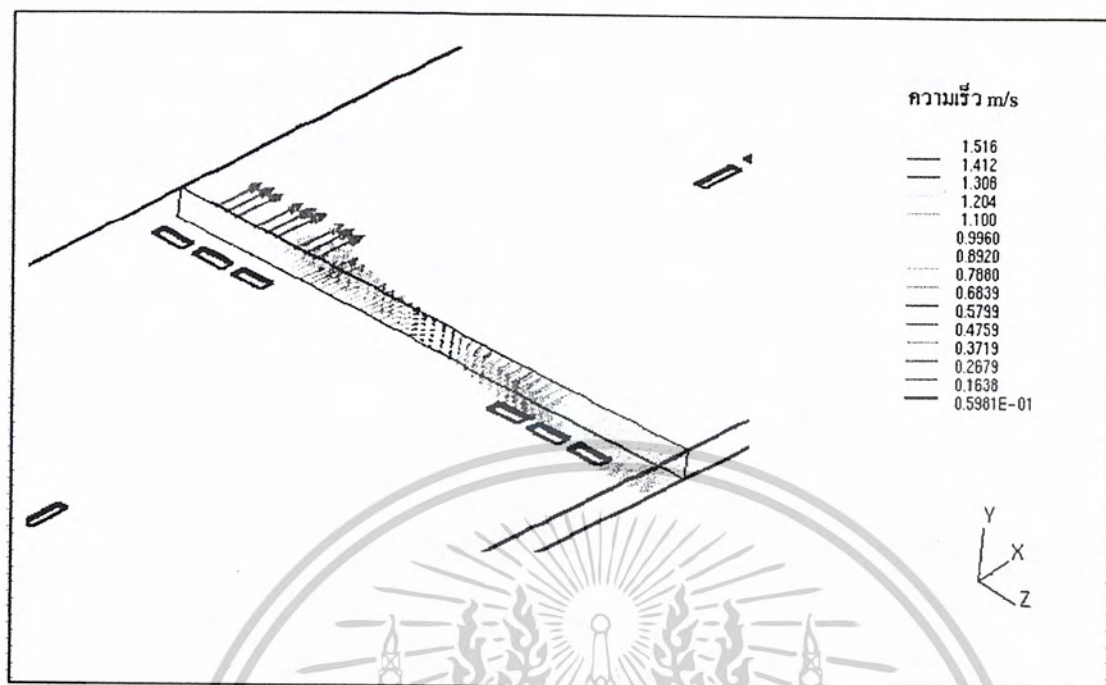


รูปที่ 5.10 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ที่ตำแหน่งของผิวน้ำของการจำลองการเคลื่อนตัวของ ตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

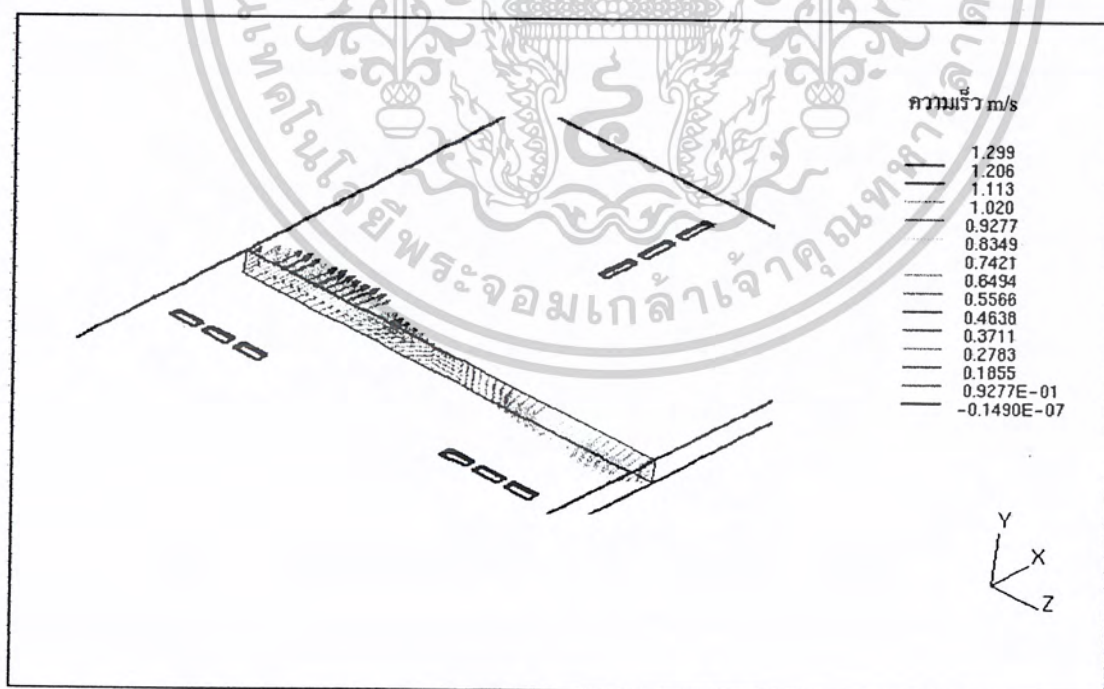


รูปที่ 5.11 แสดงการการเคลื่อนตัวกลับของตะกอนบริเวณด้านกว้างของบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

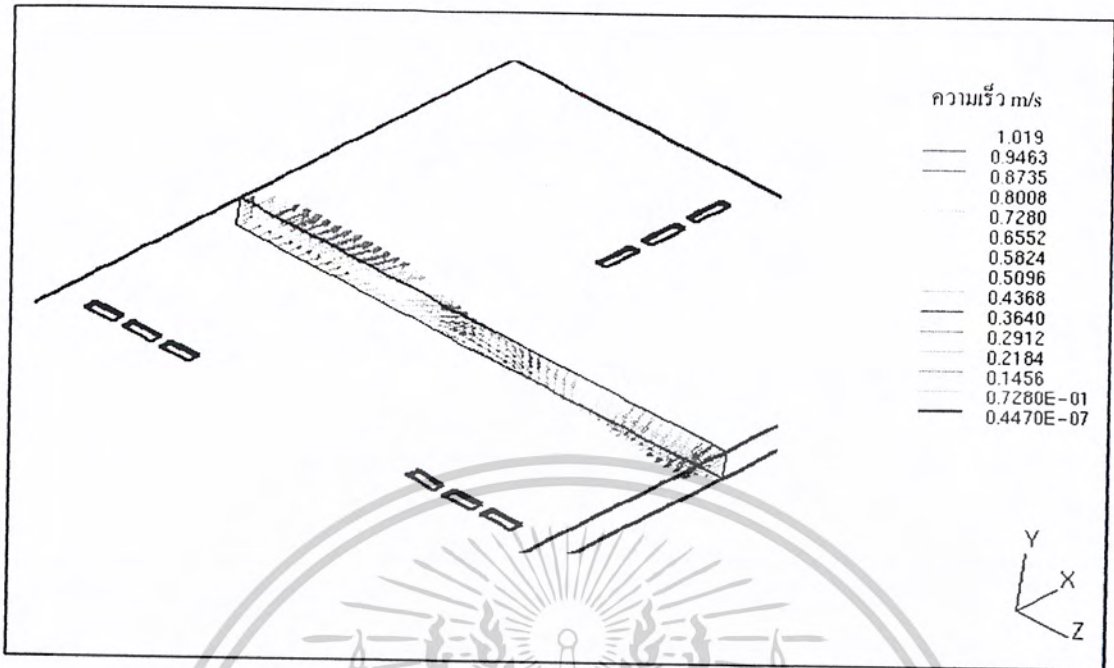


รูปที่ 5.12 ความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดไบตึน้ำ 3.83 เมตร
ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

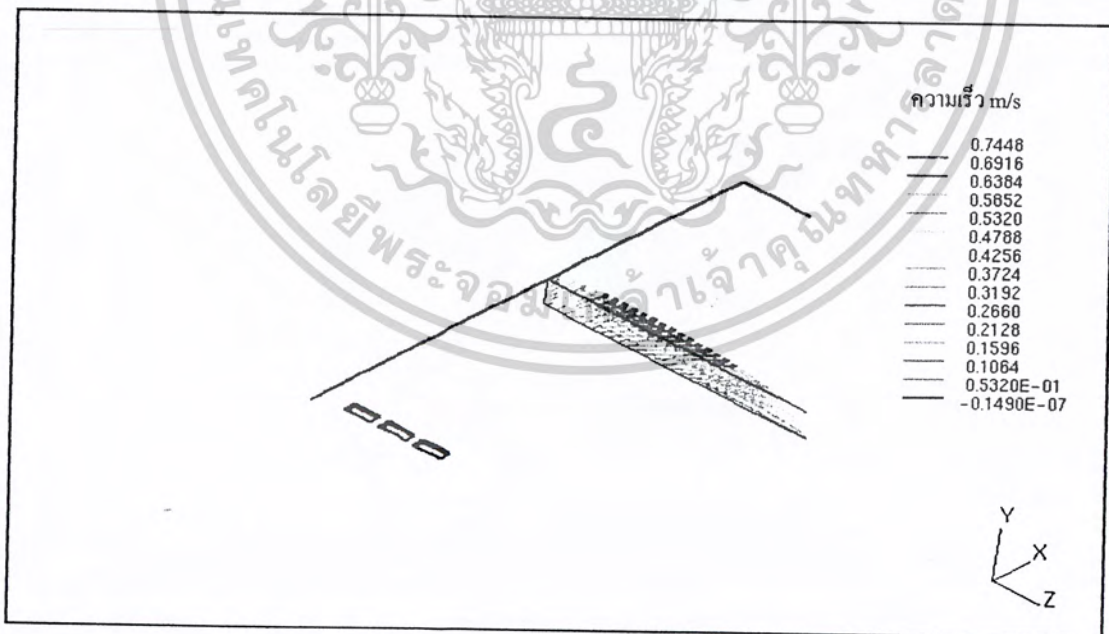


รูปที่ 5.13 ความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดไบตึน้ำ 8.83 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือมีเครื่องหมายการค้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

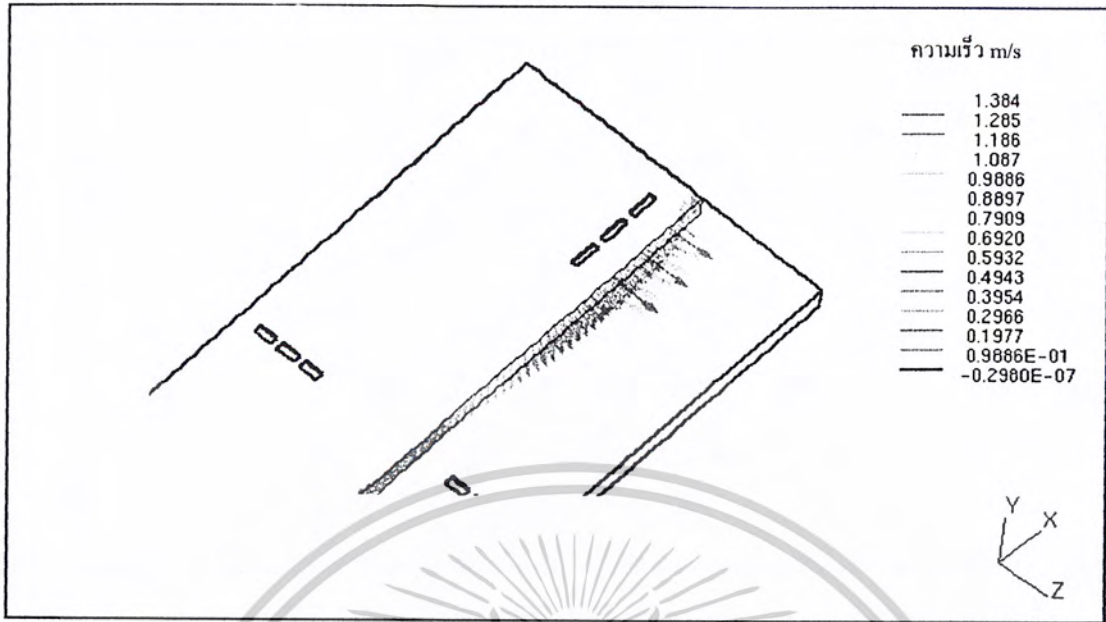


รูปที่ 5.14 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตื้นน้ำ 8.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

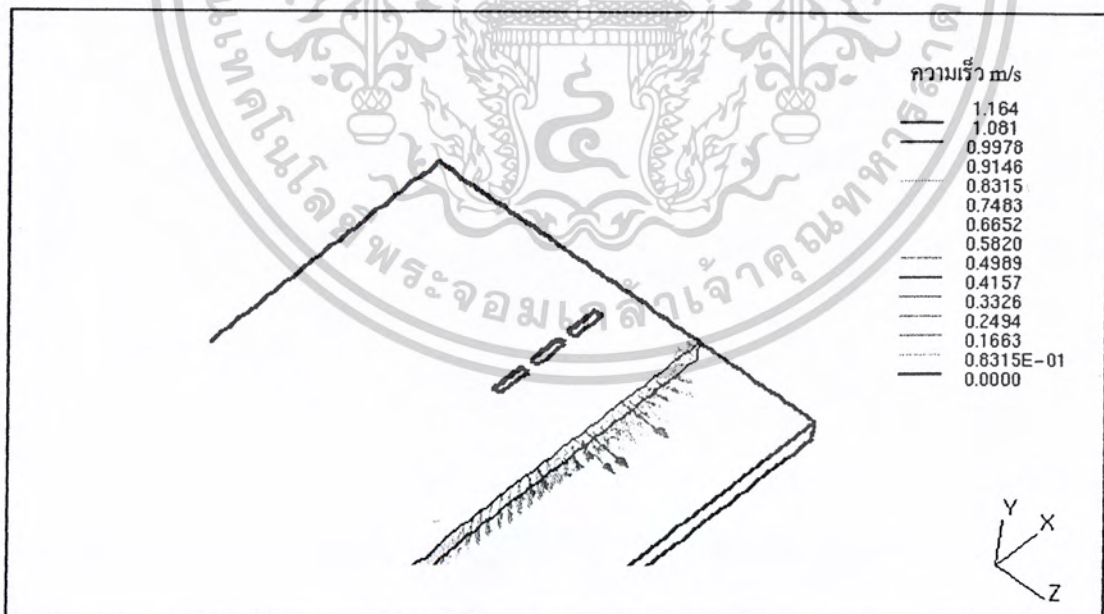


รูปที่ 5.15 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน X โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตื้นน้ำ 13.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

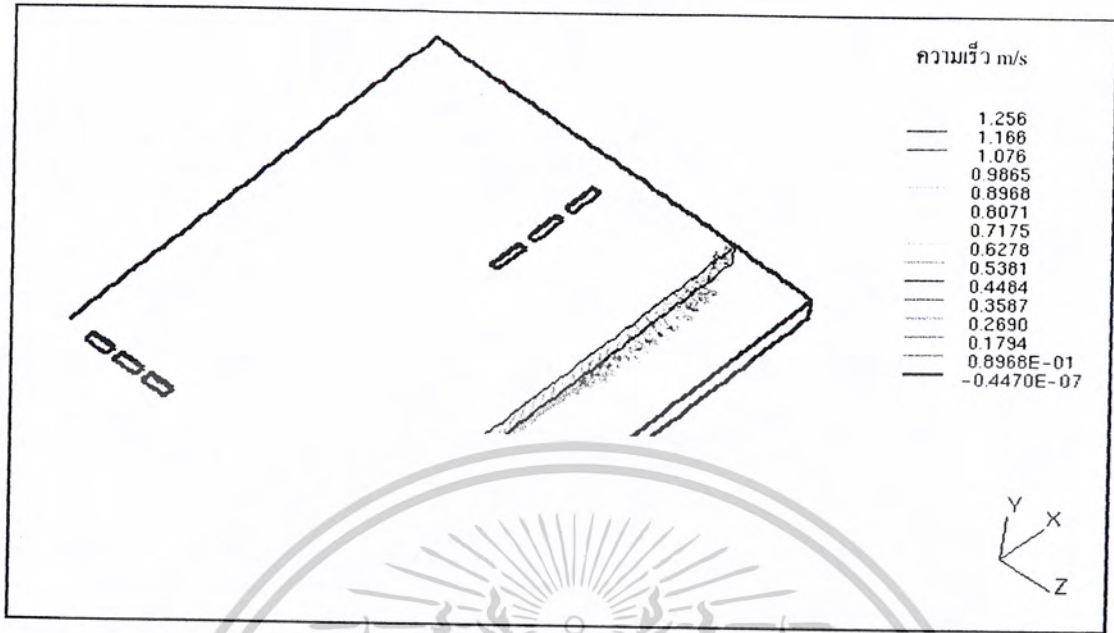


รูปที่ 5.16 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน Z โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดใบตึ้นน้ำ
2.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

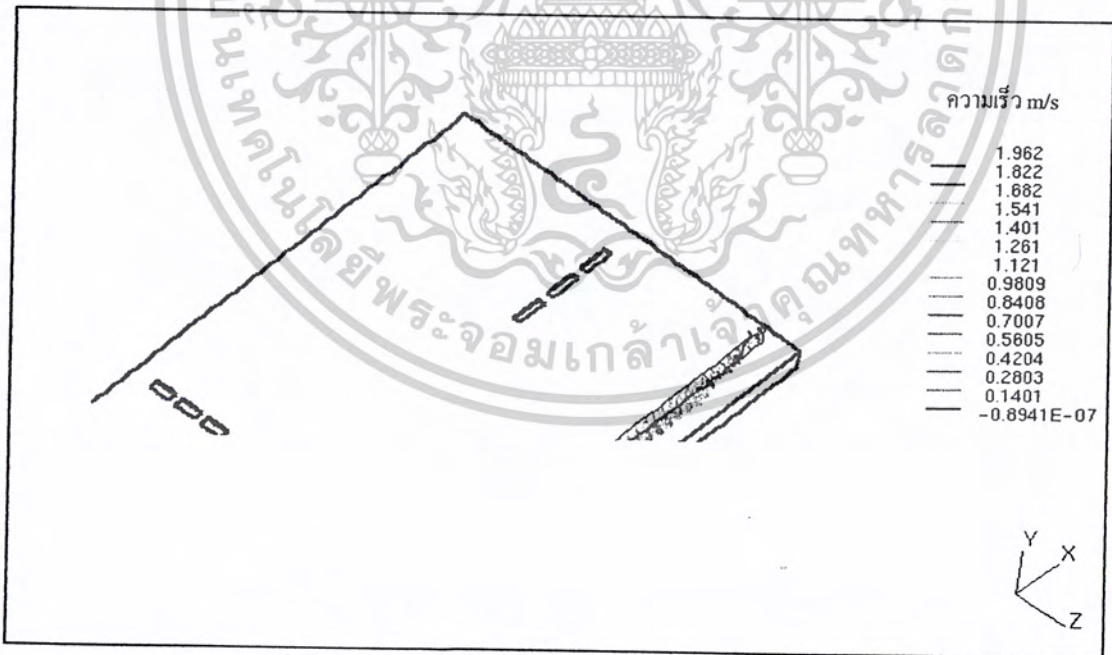


รูปที่ 5.17 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน Z โดยตัดที่ระยะห่างจากชุดใบตึ้นน้ำ
5.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



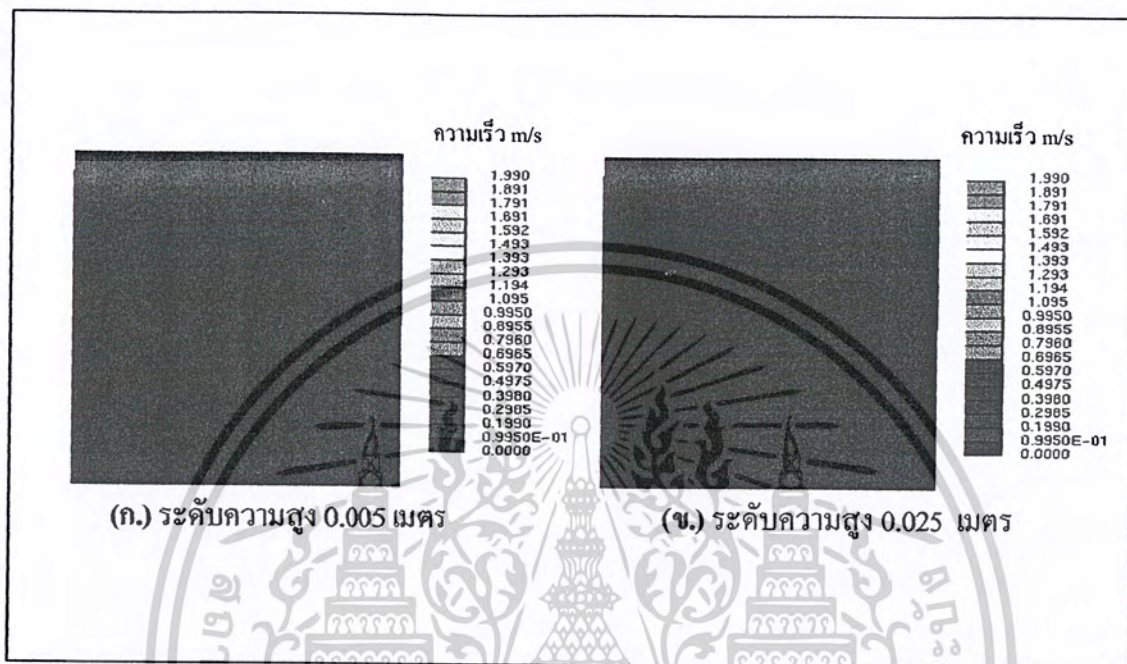
รูปที่ 5.18 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน Z โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตื้นน้ำ 8.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 5.19 แสดงค่าความเร็วแบบเวกเตอร์ในระนาบตัดในแนวแกน Z โดยตัดที่ระยะห่างจากจุดใบตื้นน้ำ 11.83 เมตร ของการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

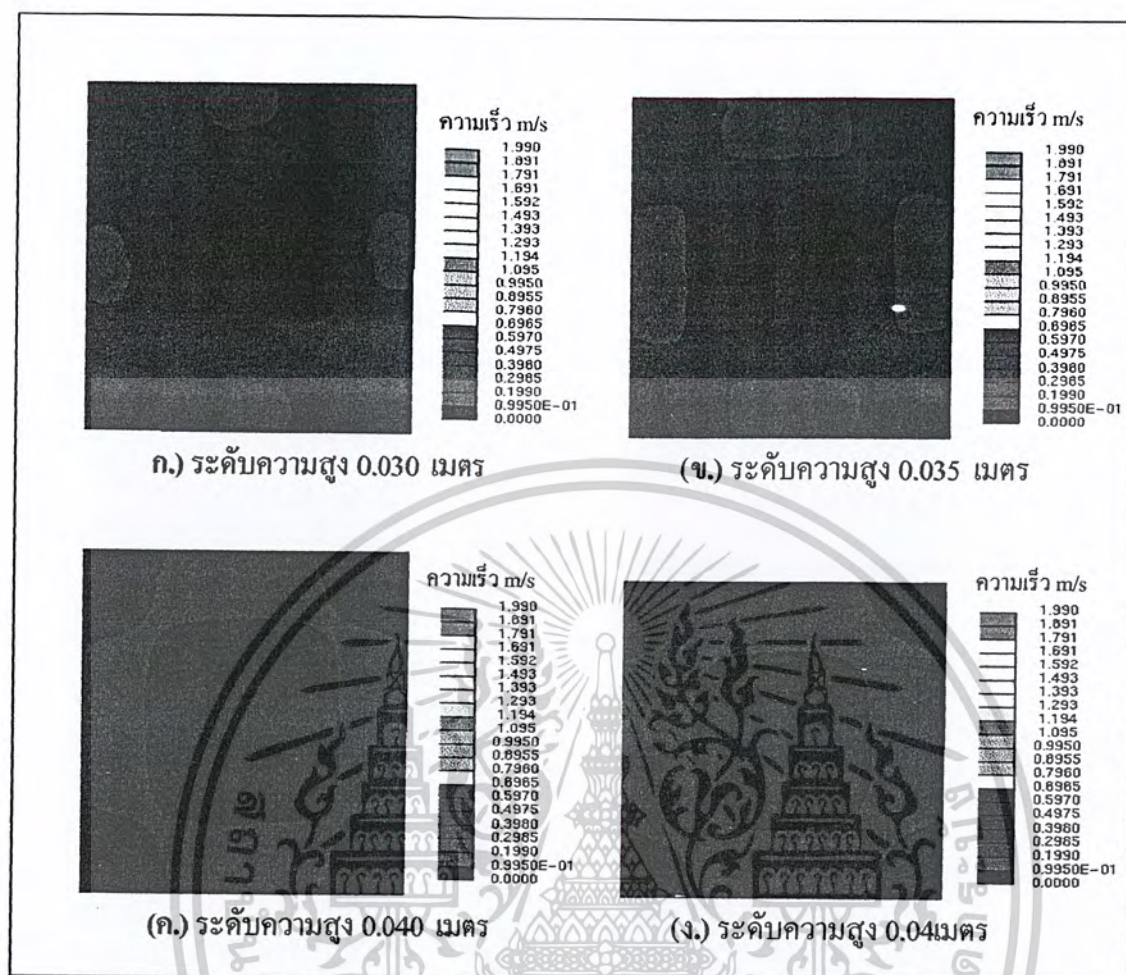
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ผลแสดงค่าความเร็วในระนาบตัดในแนวแกน Y พร้อมทั้งวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของตะกอนและการตกตะกอนที่พื้นของบ่อเลี้ยงกุ้งของบ่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยโปรแกรม STAR-CD V3.15 ซึ่งแสดงผลแบบ Velocity Contour filled



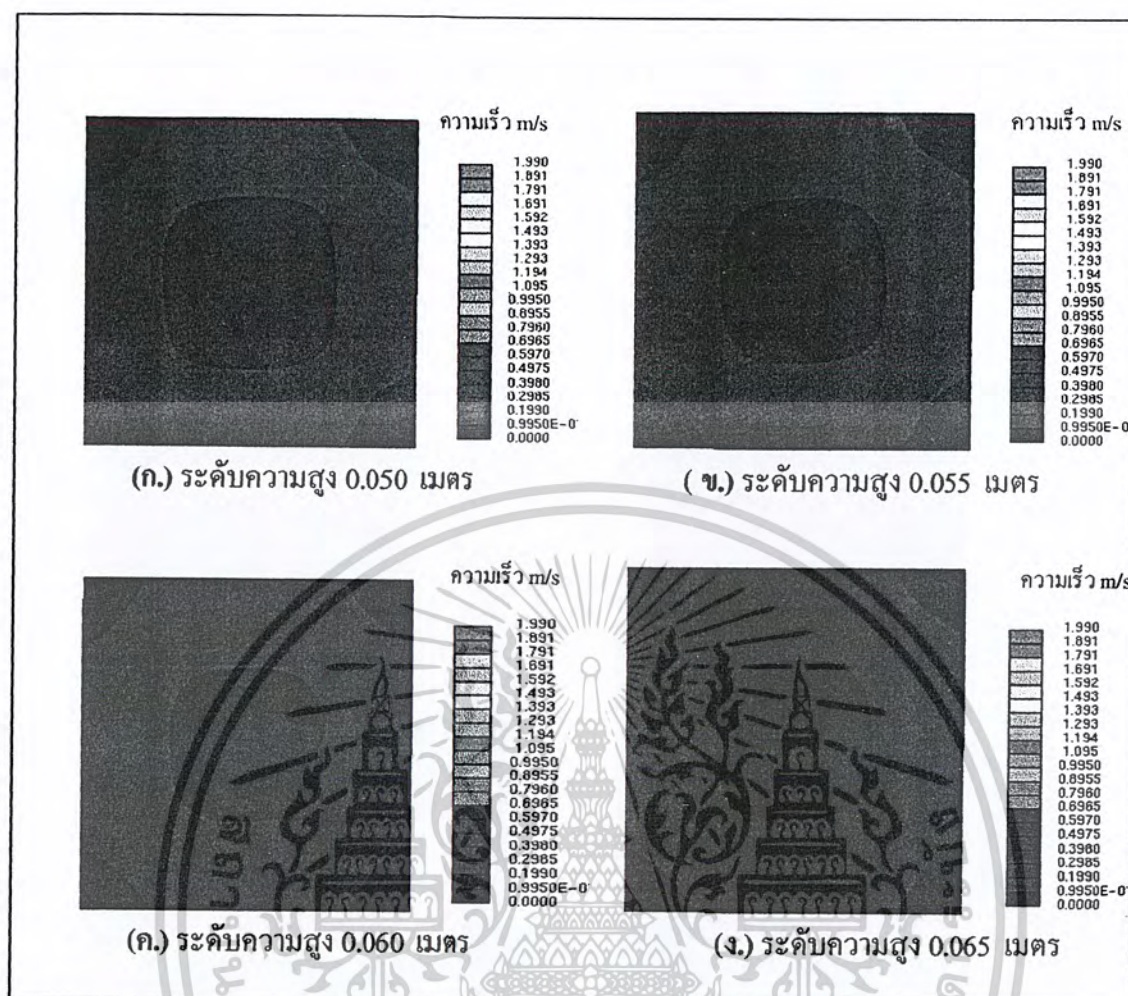
รูปที่ 5.20 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.001 และ 0.025 เมตร จากพื้นบ่อ

จากภาพตัดแสดงความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูงต่างๆ พบว่าจากก้นบ่อถึงระดับความสูง 0.025 เมตร ไม่มีการระดับของความเร็วของการเคลื่อนตัวของตะกอนจึงเปรียบได้ว่าที่ระดับดังกล่าวนี้ไม่มีการเคลื่อนตัวของตะกอน ซึ่งภาพตัดที่ระดับความสูงต่างๆถึงระดับความสูง 0.025 เมตร แสดงให้ดังรูปที่ 5.20



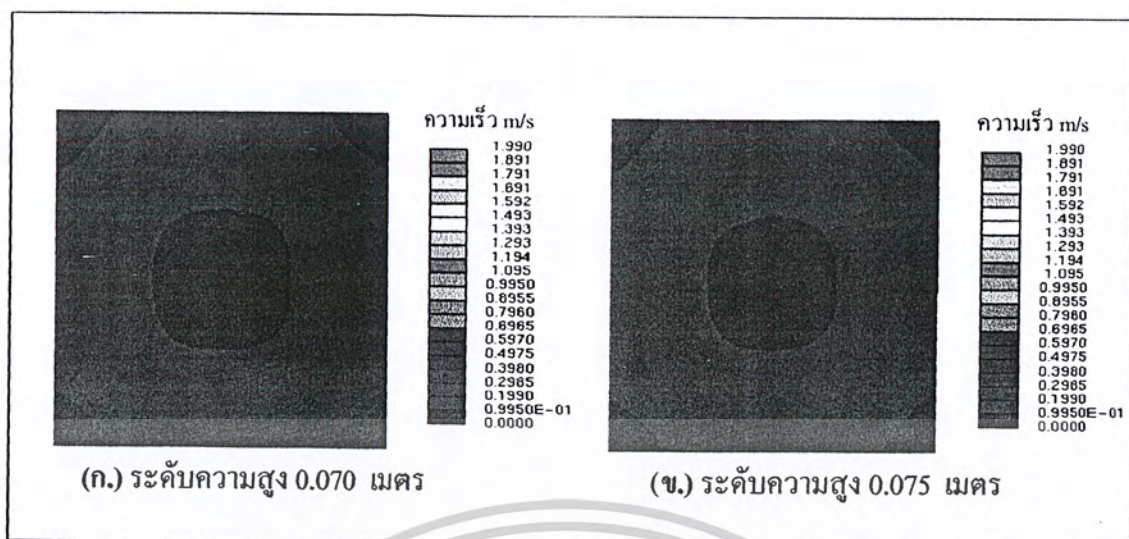
รูปที่ 5.21 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.030 ถึง 0.045 เมตร จากพื้นบ่อ

จากรูปที่ 5.21 พบว่ามีความแตกต่างระหว่างความเร็วอย่างชัดเจนคือที่ระดับความสูง 0.030 เมตร บริเวณใต้ชุด ใบพัดมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วก่อนดังรูปที่ 5.21 (ก.) เมื่อมีระดับสูงขึ้นจากพื้นบ่อมากขึ้นมีการขยายตัวของความเร็วเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าดังรูปที่ 5.21 (ข.) และเมื่อตัดภาพที่ระดับความสูง 0.040 เมตร รูปที่ 5.21 (ค.) พบว่าที่ บริเวณกึ่งกลางและที่มุมของบ่อ ไม่มีการเคลื่อนตัวของตะกอน โดยที่ตรงกลางบ่อการรวมของตะกอนมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีการลบมุมส่วนบริเวณมุมทั้งสี่ด้านมีลักษณะรูปทศกึ่งหนึ่งส่วนสี่ของวงกลมและที่ระดับความสูง 0.045 เมตร พื้นที่ของความเร็วที่ไม่มีการเคลื่อนตัวของตะกอนลดลงดังแสดงดังรูปที่ 5.21 (ง.)



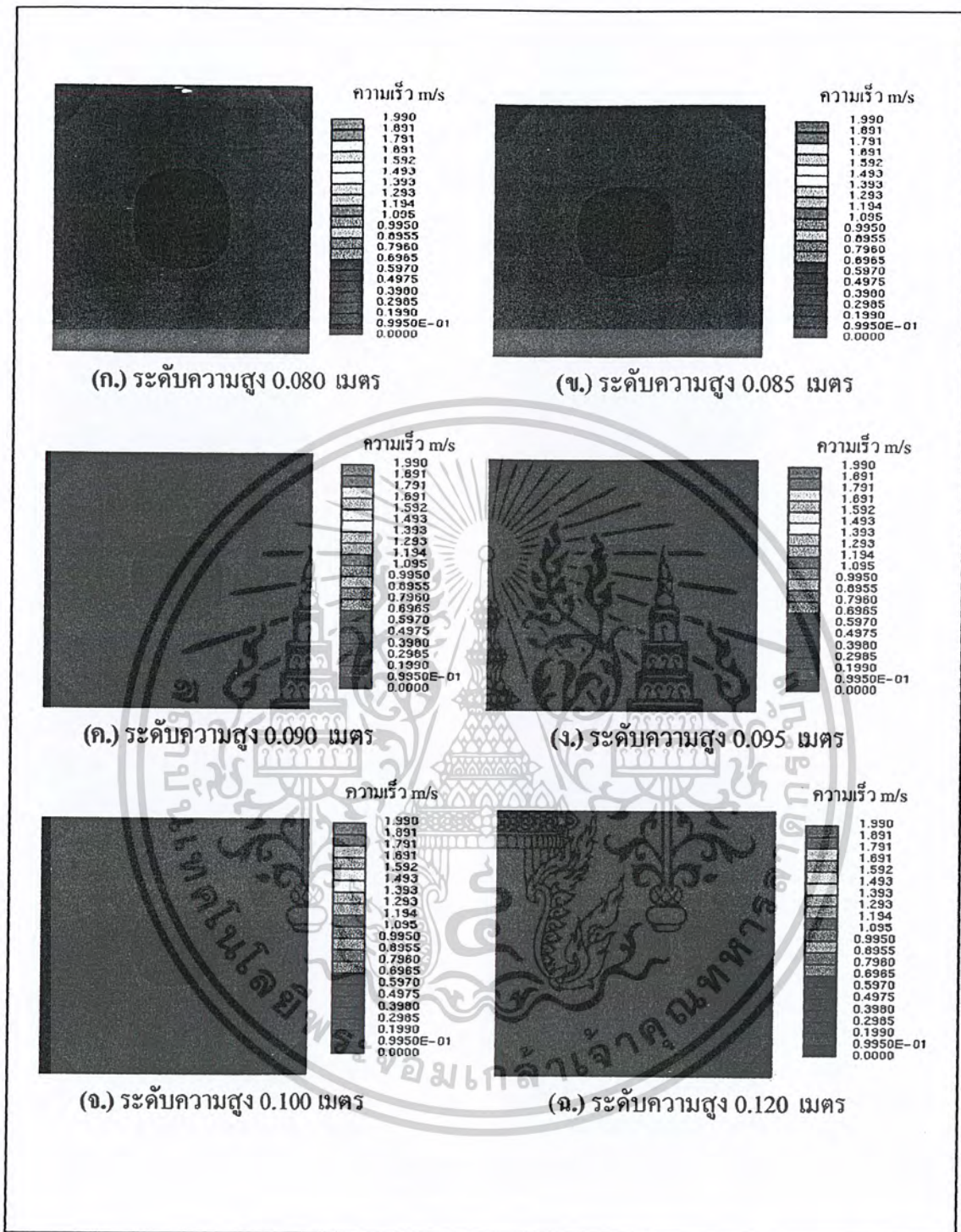
รูปที่ 5.22 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.050 ถึง 0.065 เมตร จากพื้นบ่อ

จากรูปที่ 5.22 พบว่าลักษณะรูปแบบของตะกอนที่ไม่มีการเคลื่อนที่มีลักษณะเช่นเดียวกับรูปที่ 5.21 และพื้นที่ของตะกอนที่ไม่มีการเคลื่อนค้ำมีขนาดลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 5.21 ดังแสดงดังรูปที่ 5.22 (ก.,ข.)และที่ระดับความสูง 0.055 เมตร เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของพื้นที่แสดงสีค่าความเร็วเป็นพื้นที่เล็กๆ ใต้ชุดไบพัดทั้งสี่ด้านของบ่อแสดงดังรูปที่ 5.22 (ข.) พื้นที่ของความเร็วดังกล่าวปรากฏอย่างชัดเจนในรูปที่ 5.22 (ค.,ง.)



รูปที่ 5.23 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.070 และ 0.075 เมตร จากพื้นบ่อ

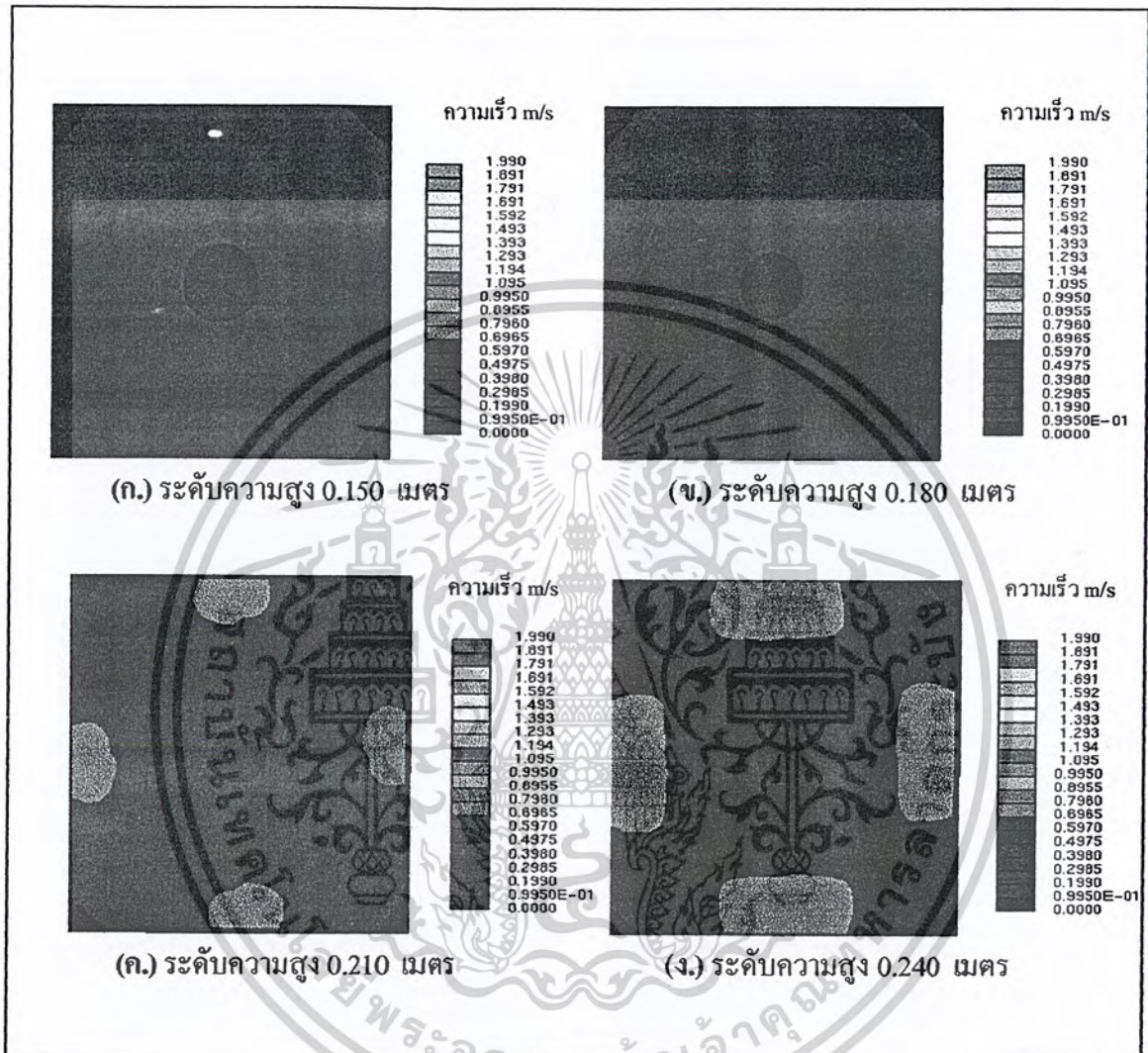
จากรูปที่ 5.23 (ก) มีการขยายตัวของชั้นความเร็วระหว่าง 0.06965- 0.07960 เมตร/วินาที อย่างชัดเจนเมื่อเทียบชั้นความเร็วดังกล่าวกับรูปที่ 5.22 การขยายตัวมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคล้ายสี่เหลี่ยมคางหมูและเมื่อระดับความสูงมีค่าเท่ากับ 0.075 เมตร แสดงดังรูปที่ 5.23(ข) พบว่าที่ชั้นความเร็วดังกล่าวส่วนที่อยู่ด้านใน เส้นแนวความเร็วมีลักษณะเป็นท้องกระทะ ส่วนที่บริเวณกลางบ่อการสะสมตัวของตะกอนมีลักษณะคล้ายวงกลมและพื้นที่ของการตกตะกอนลดลง ส่วนบริเวณมุมทั้งสี่ด้านพื้นที่การตกตะกอนมีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว



รูปที่ 5.24 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.080 ถึง 0.120 เมตร จากพื้นบ่อ

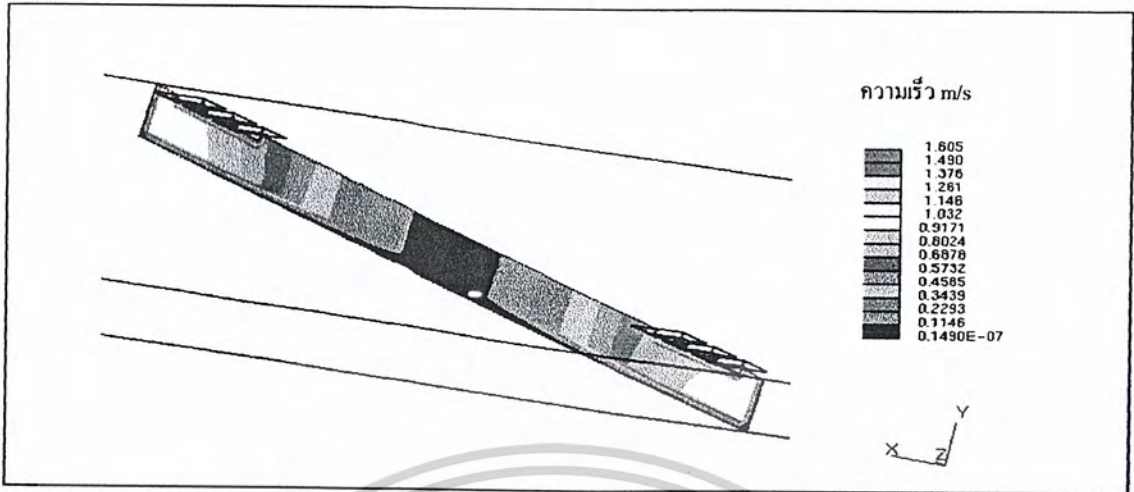
จากรูปที่ 5.24 (ก) แสดงการเชื่อมกันระหว่างพื้นที่ของระดับความเร็วเดียวกันซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดซ้ำกันกับรูปที่ 5.21 (ค) ซึ่งปรากฏการณ์นี้ส่งผลทำให้เกิดชั้นของระดับความเร็วเดียวกันลักษณะเป็นวงแหวนล้อมรอบพื้นที่ที่ไม่มีความเร็วที่กึ่งกลางบ่อ เมื่อมีระดับความสูงเพิ่มขึ้นจากพื้นบ่อทำให้ออกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการขยายตัวของพื้นที่ที่มีความเร็วเดียวกัน ในขณะที่เดียวกันที่บริเวณใต้จุดใบคีนน้ำมีการเกิดระดับความเร็วสูงขึ้นตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังรูปที่ 5.24 และรูปที่ 2.25



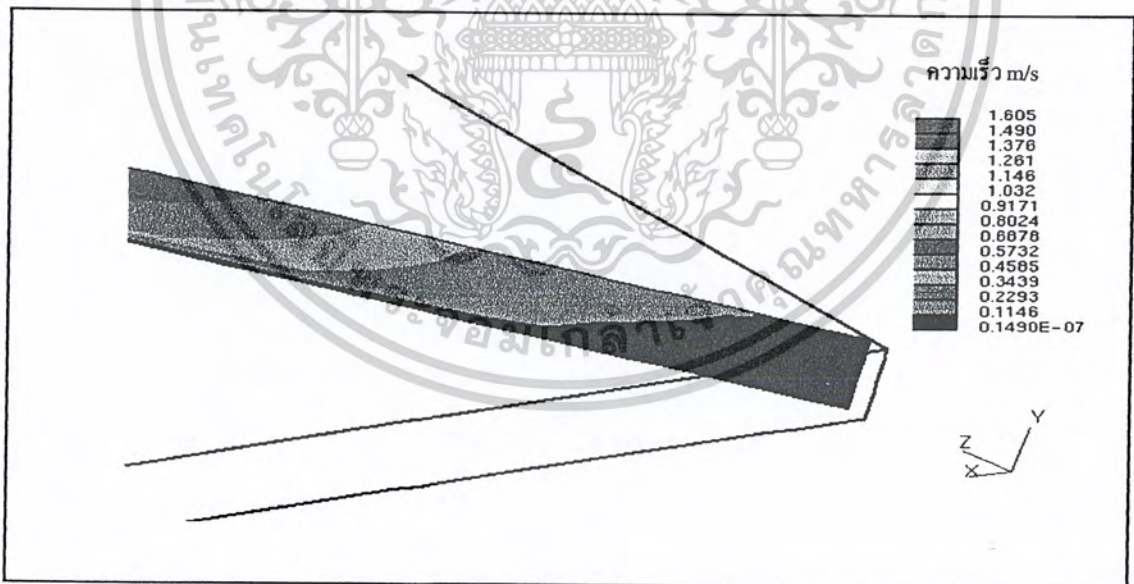
รูปที่ 5.25 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวนอน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.150 ถึง 0.240 เมตร จากพื้นบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.26 แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวแกน X ที่ระยะ 40 เมตร

จากรูปที่ 5.26 จะเห็นลักษณะการรวมตัวกันของตะกอนเป็นลักษณะ โคนคว่ำเพราะการหมุนวนของน้ำในบ่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทำให้เกิดการรวมตัวกันของตะกอนตรงกลางและตะกอนจะลงสู่พื้นบ่อด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

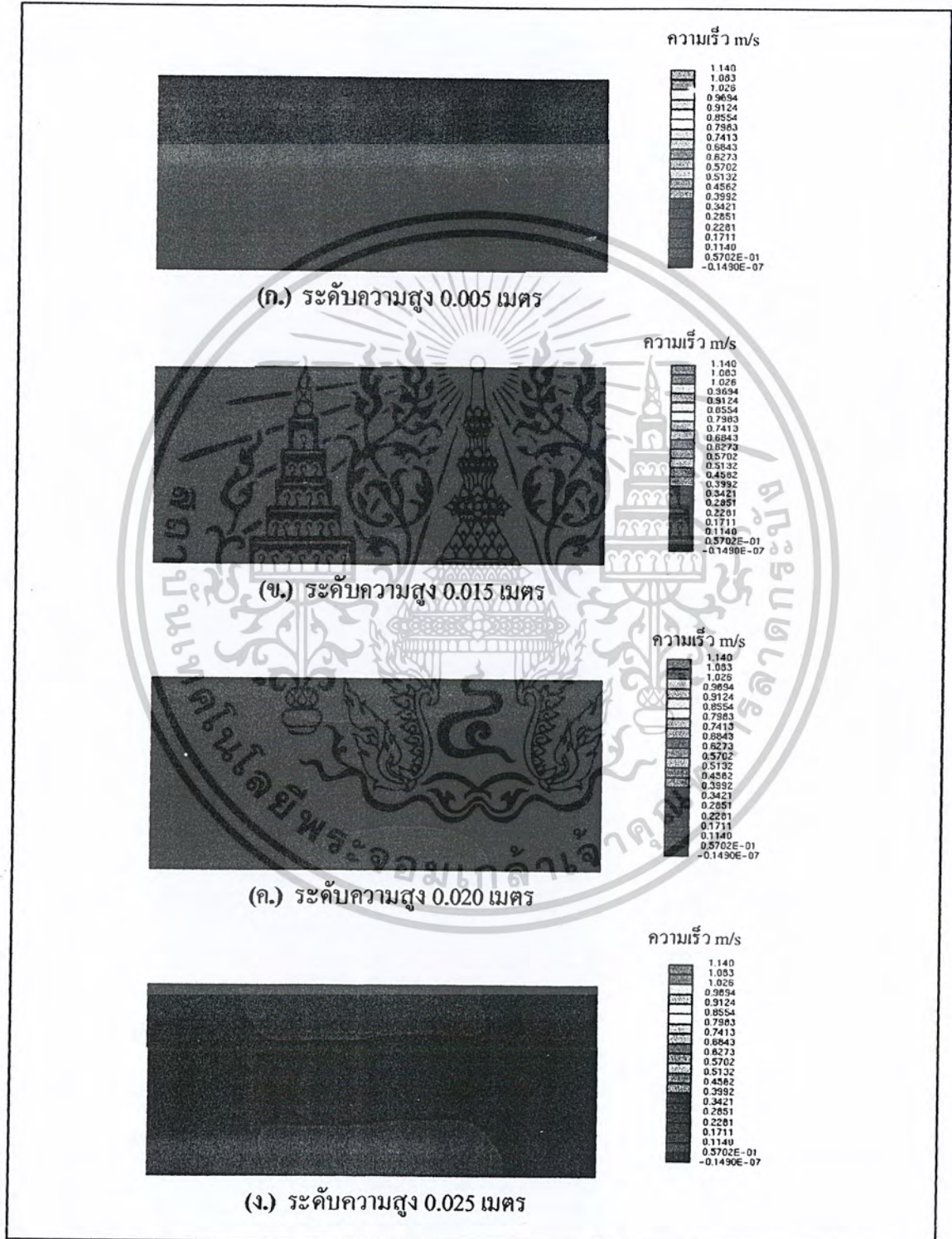


รูปที่ 5.27 แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวทแยงมุม

จากรูปที่ 5.27 แสดงให้เห็นว่าตรงบริเวณมุมมีค่าความเร็วต่ำมากจึงทำให้เกิดการรวมตัวกันของตะกอน และจากรูปพบว่าความเร็วที่บริเวณมุมบ่อมีความเร็วมากขึ้นตามระดับความสูงของ Y ซึ่งดูได้จากแถบสีแสดงความเร็ว

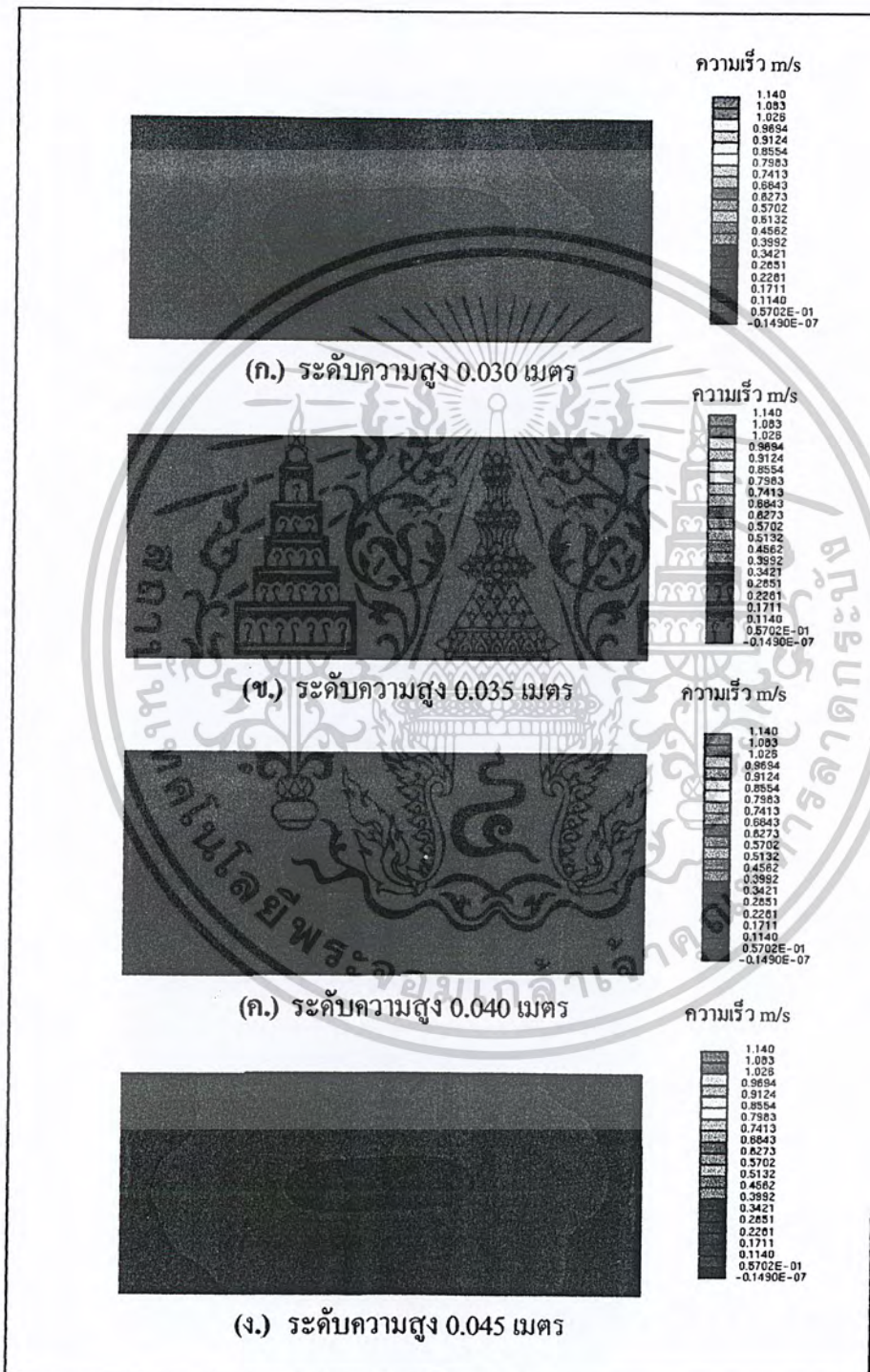
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 ผลแสดงค่าความเร็วในระนาบตัดในแนวแกน Y พร้อมทั้งวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของตะกอนและการตกตะกอนที่พื้นของบ่อเลี้ยงกุ้งของบ่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยโปรแกรม STAR-CD V3.15 ซึ่งแสดงผลแบบ Velocity Contour filled



รูปที่ 5.28 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.005 ถึง 0.025 เมตร จากพื้นบ่อ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นไปขอใบละเว้นการดำเนินการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

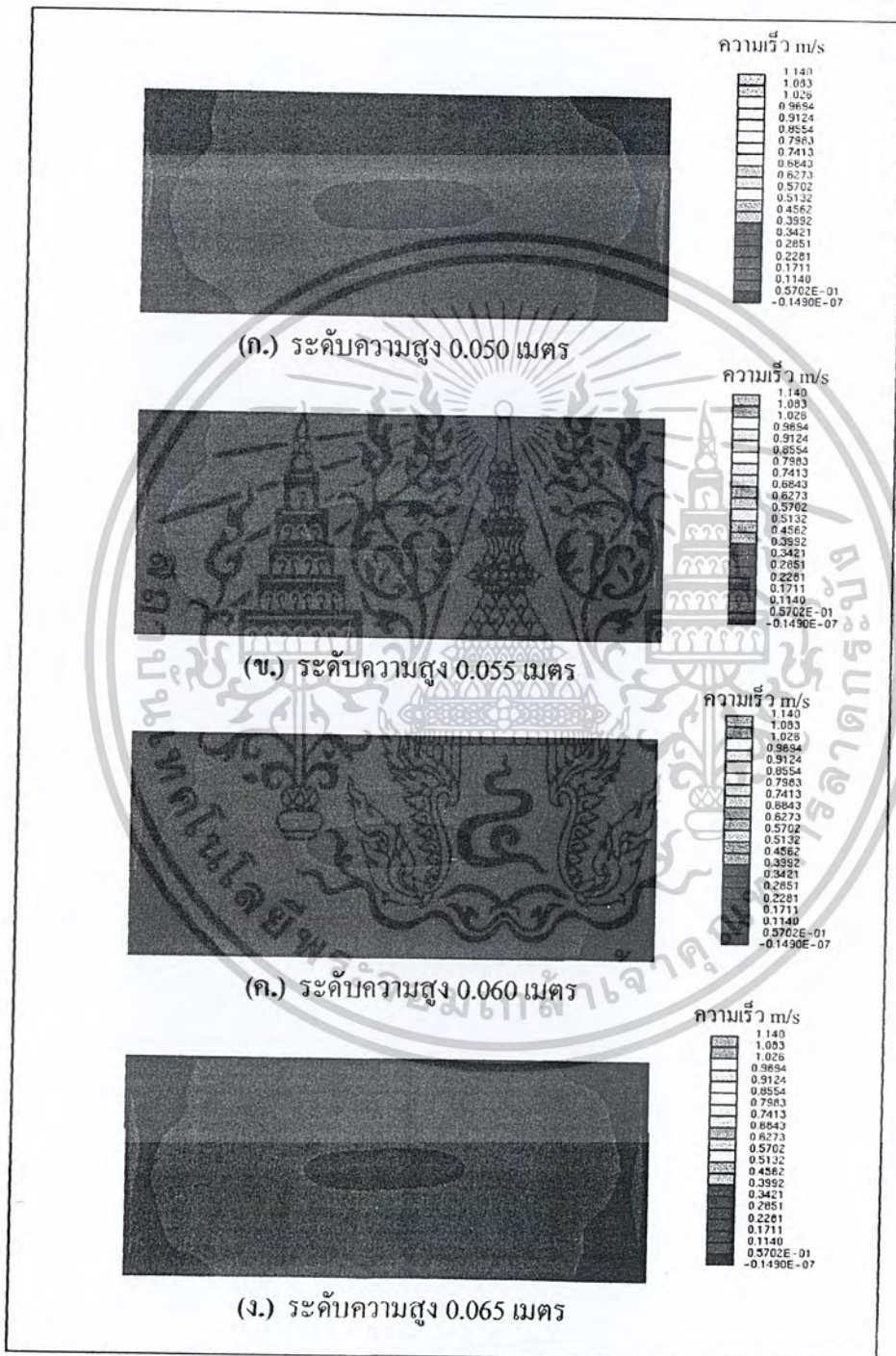
จากรูปที่ 5.28 แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความสูง 0.005 เมตรจากพื้นบ่อ มีความเร็วที่ปรากฏน้อยมาก ทำให้เป็นที่รวมตัวกันของตะกอน เมื่อคูที่ระดับความสูงจากพื้นบ่อเพิ่มขึ้นที่ตำแหน่งของชุดใบพัด ด้านยาวพบว่าความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อมีความสูงจากพื้นบ่อเพิ่มขึ้นดังแสดงดังรูปที่ 5.29 (ก.) และ (ง.)



รูปที่ 5.29 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวมแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.030 ถึง 0.045 เมตร จากพื้นบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

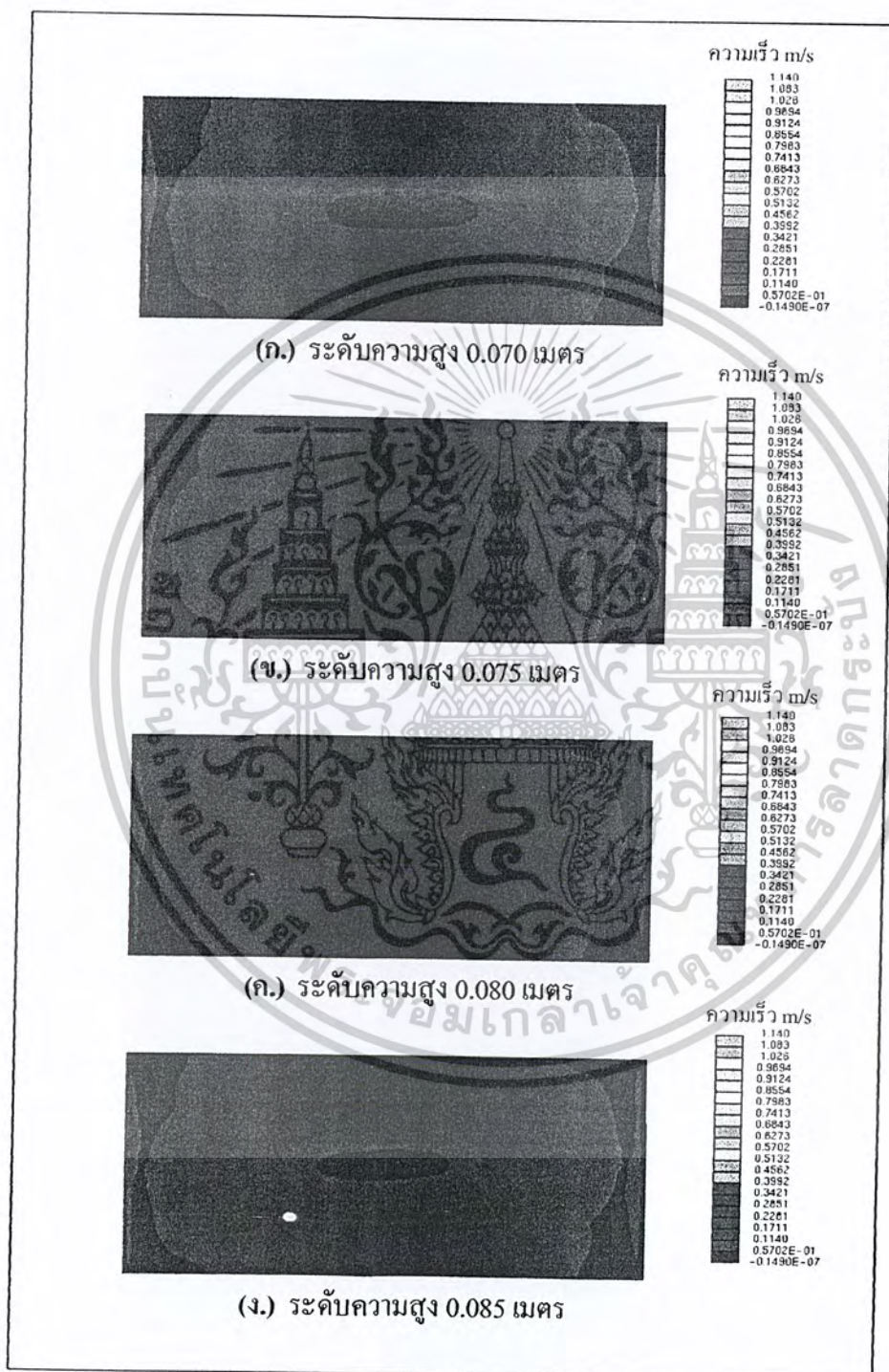
จากรูปที่ 5.29 แสดงให้เห็นว่าค่าความแตกต่างของความเร็วจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระดับความสูงของพื้นบ่อเพิ่มขึ้น ซึ่งแต่ละชั้นความสูงที่ถูกตัดมาแสดง จะเห็นว่าค่าความเร็วที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่กึ่งกลางบ่อมีการรวมตัวเป็นรูปวงรีและที่ด้านกว้างบริเวณใต้ชุดใบพัดค้ำน้ำของรูปที่ 5.29 (ข.) เริ่มเกิดชั้นของความเร็วและชั้นพื้นที่ความเร็วนี้เพิ่มขึ้นตามระดับความสูง



รูปที่ 5.30 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.050 ถึง 0.065 เมตร จากพื้นบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

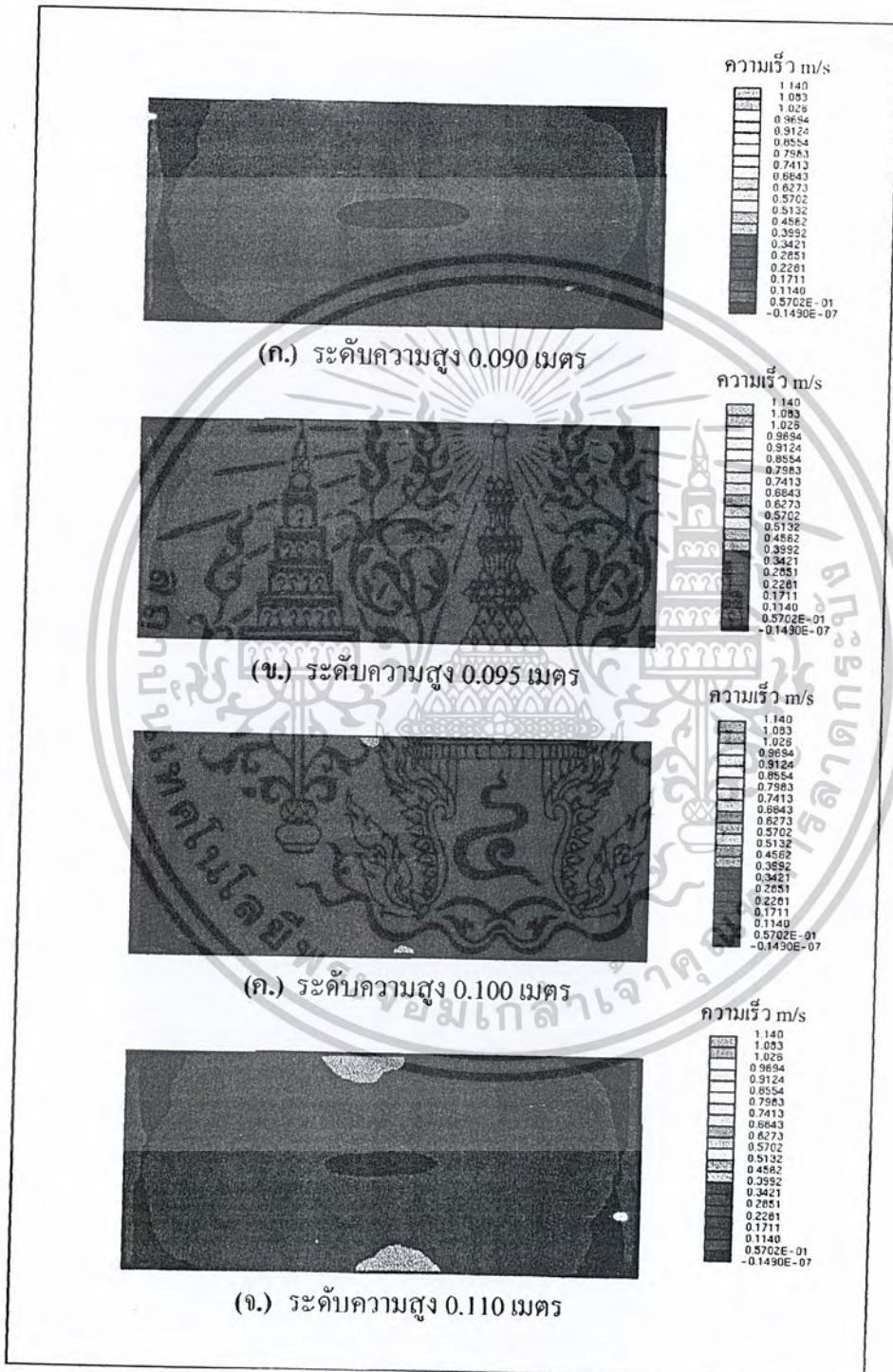
จากรูปที่ 5.30 พื้นบ่อถึง ที่ระดับความสูง 0.065 เมตรจากพื้นบ่อ จากรูปแสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วจะเพิ่มขึ้นและขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น และจะสังเกตเห็นได้ว่าที่บริเวณตรงกลางของบ่อจะมีค่าความเร็วน้อย ทำให้เป็นที่รวมตัวกันของตะกอน ในลักษณะวงรี



รูปที่ 5.31 แสดงในระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.070 ถึง 0.085 เมตรจากพื้นบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

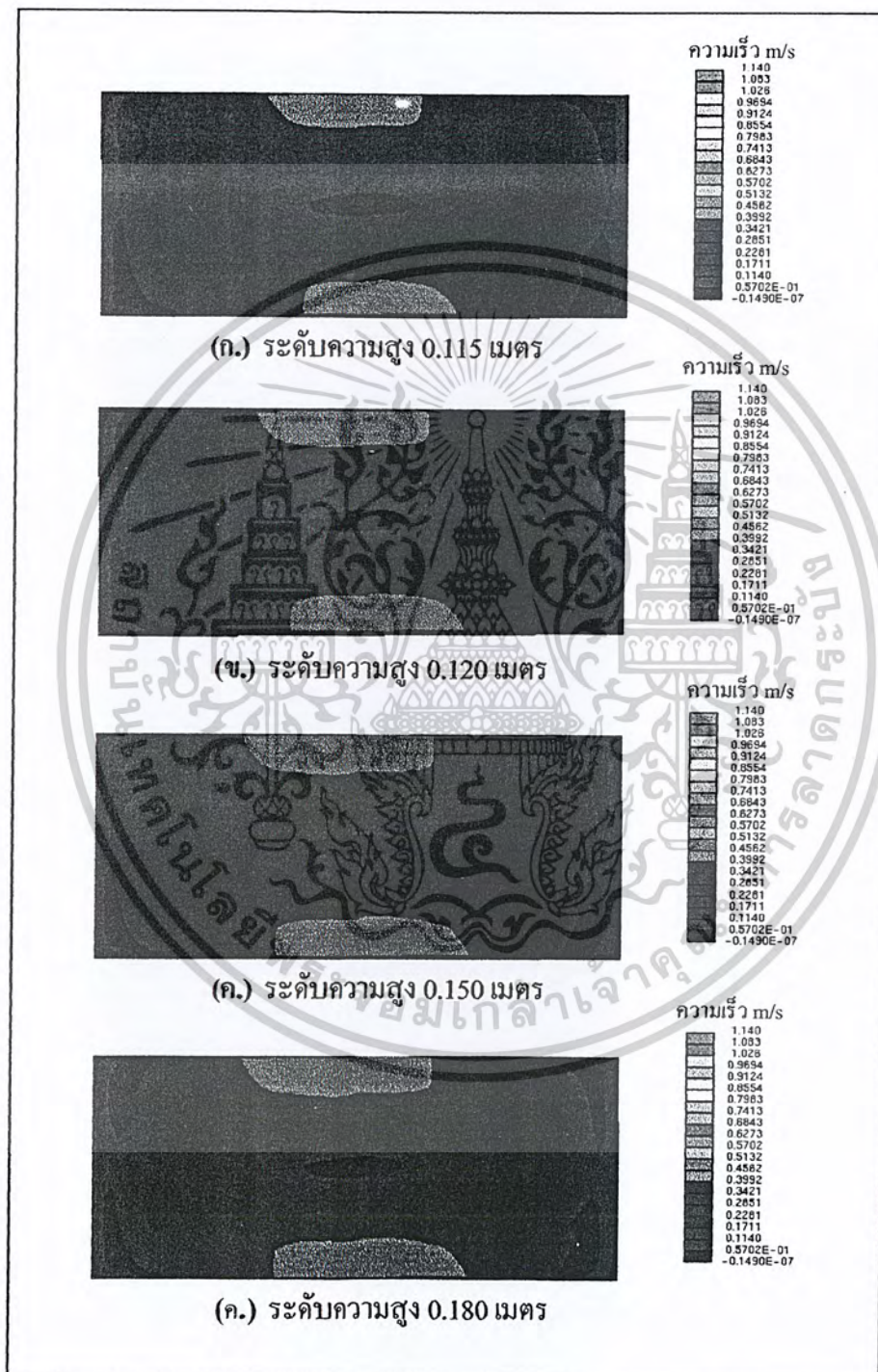
จากรูปที่ 5.31 แสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วจะเพิ่มขึ้นและขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ทำให้เราสังเกตได้ชัดเจนมากขึ้นว่าตะกอนมีการสะสมด้วยบริเวณตรงกลาง มีลักษณะเป็นวงรีอย่างชัดเจน และมีแนวโน้มว่าตะกอนมีการรวมตัวกันที่มุมบ่อ ทั้ง 4 ด้าน



รูปที่ 5.32 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.090 ถึง 0.110 เมตรจากพื้นบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

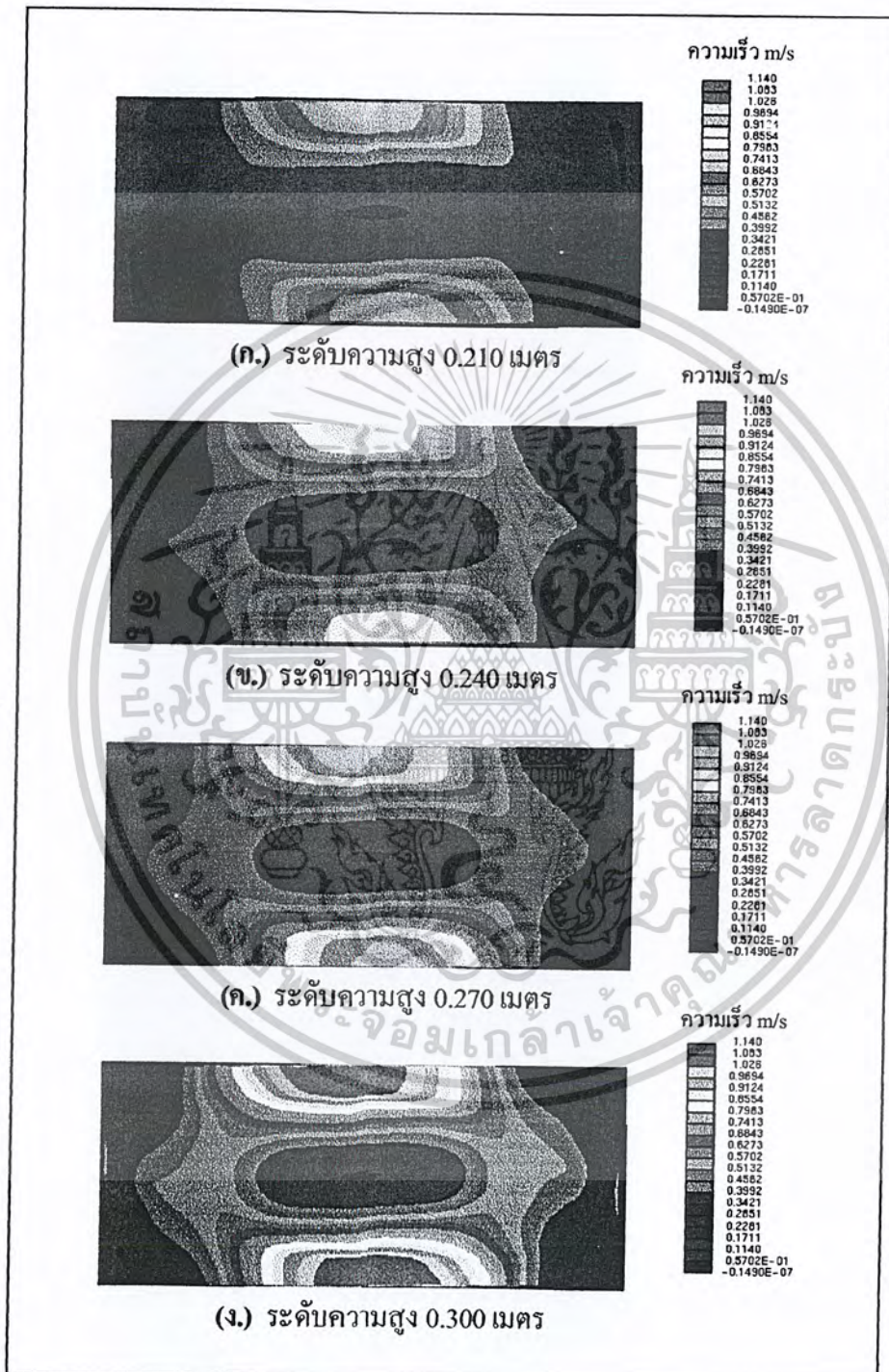
จากรูปที่ 5.32 แสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วที่ออกจากชุดใบพัดคือน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดที่ระดับความสูงเพิ่มขึ้น ทำให้เราสังเกตได้ชัดเจนมากขึ้นว่าตะกอนมีการสะสมตัวบริเวณตรง และมุมบ่อ ทั้ง 4 ด้าน



รูปที่ 5.33 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.115 ถึง 0.180 เมตรจากพื้นบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

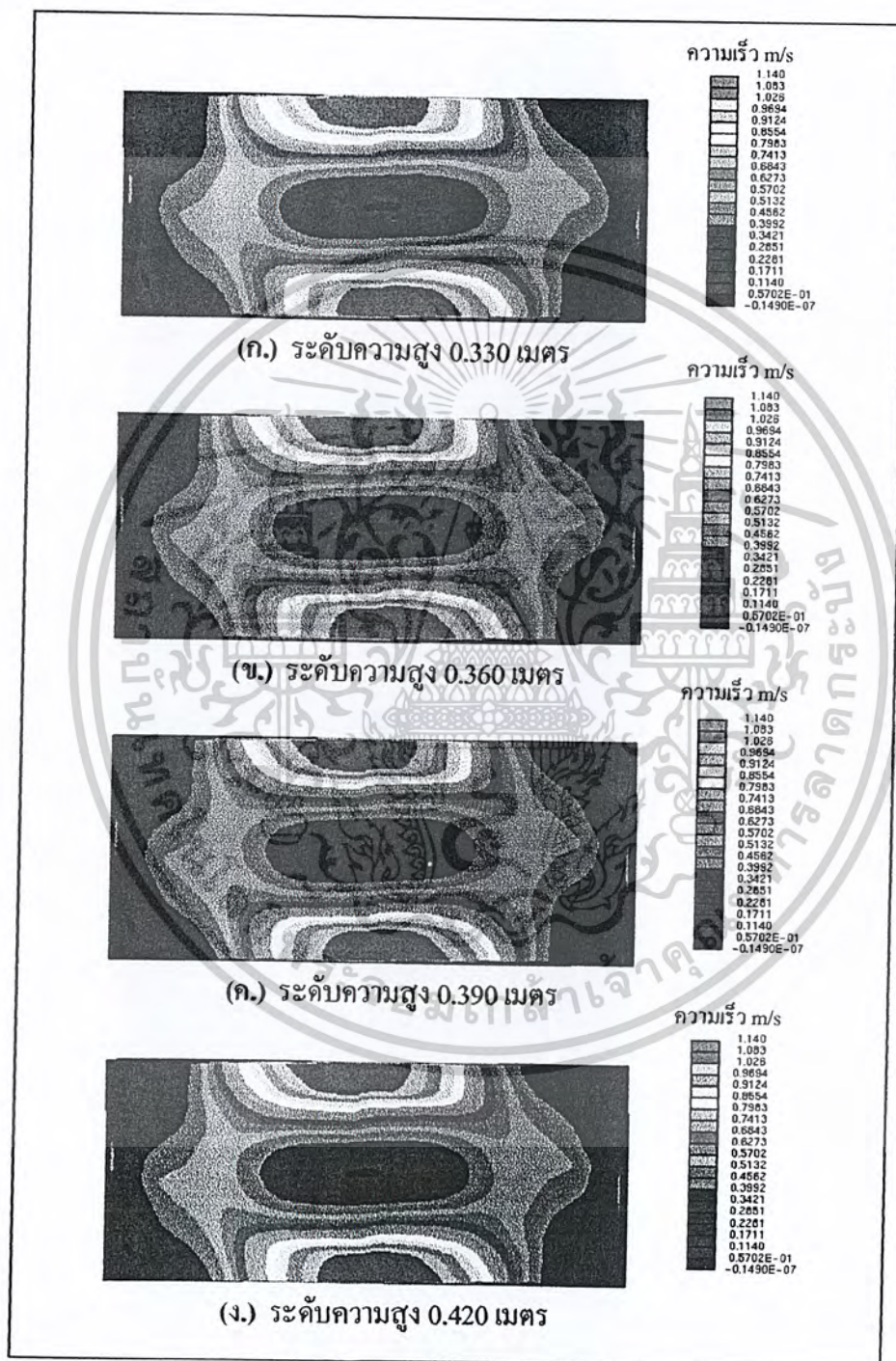
จากรูปที่ 5.33 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนเคม คือ เมื่อระดับความสูงจากพื้นบ่อเพิ่มขึ้นค่าความเร็วก็จะเพิ่มขึ้นตามและมีการขยายตัวของความเร็วเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสามารถดูค่าความเร็วได้จากแถบสีแสดงค่าความเร็ว



รูปที่ 5.34 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.210 ถึง 0.300 เมตรจากพื้นบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

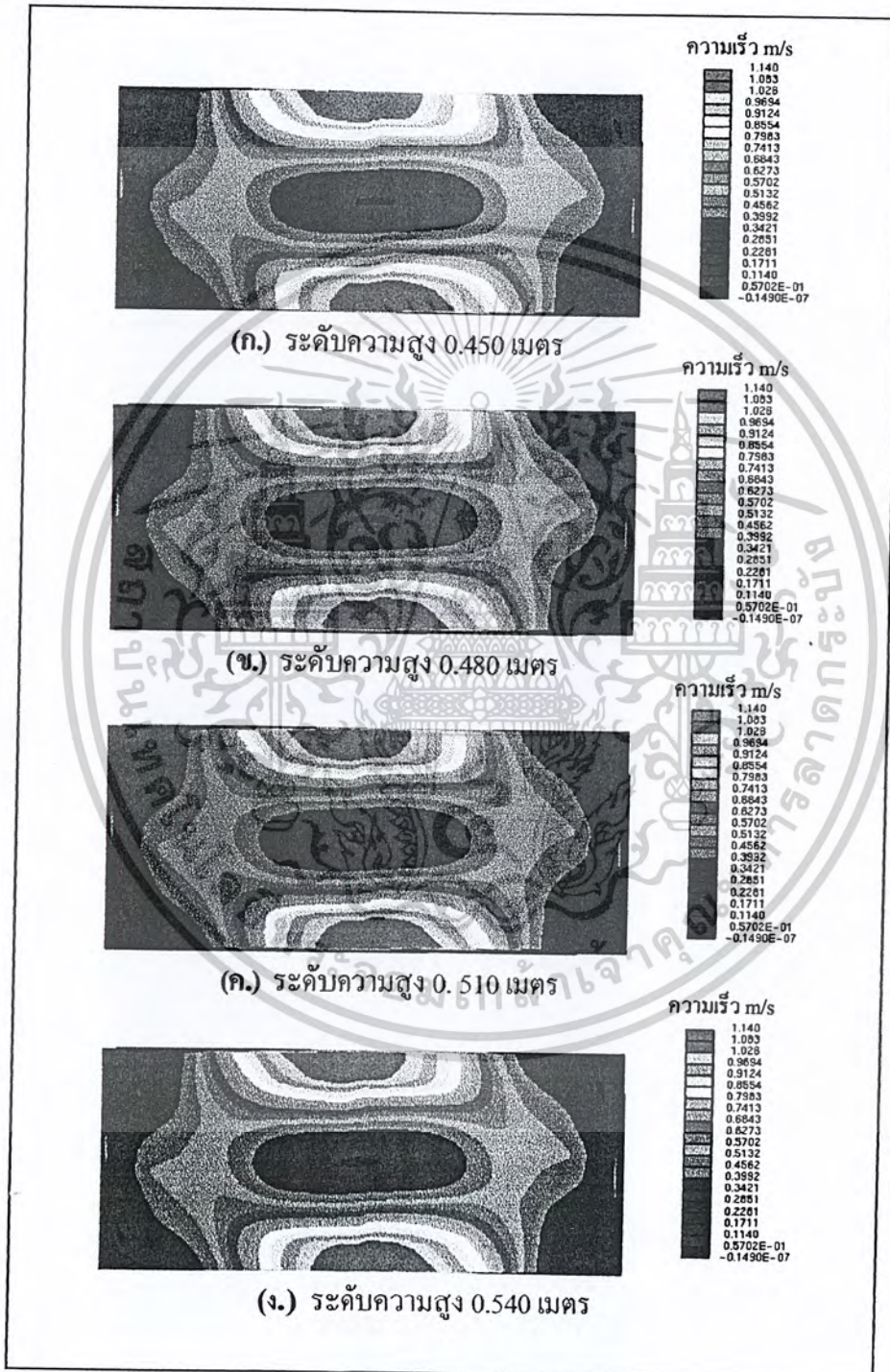
จากรูปที่ 5.34 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความสูงจากพื้นบ่อเพิ่มขึ้นเราสังเกตได้ว่าการรวมตัวกันของตะกอนตรงกลางบ่อและบริเวณมุมบ่อชัดเจนขึ้นกว่าเดิมเนื่องจากค่าความเร็วเพิ่มขึ้นและระดับความสูงจากพื้นบ่อเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถดูค่าความเร็วได้จากแถบสีแสดงค่าความเร็ว



รูปที่ 5.35 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.330 ถึง 0.420 เมตรจากพื้นบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

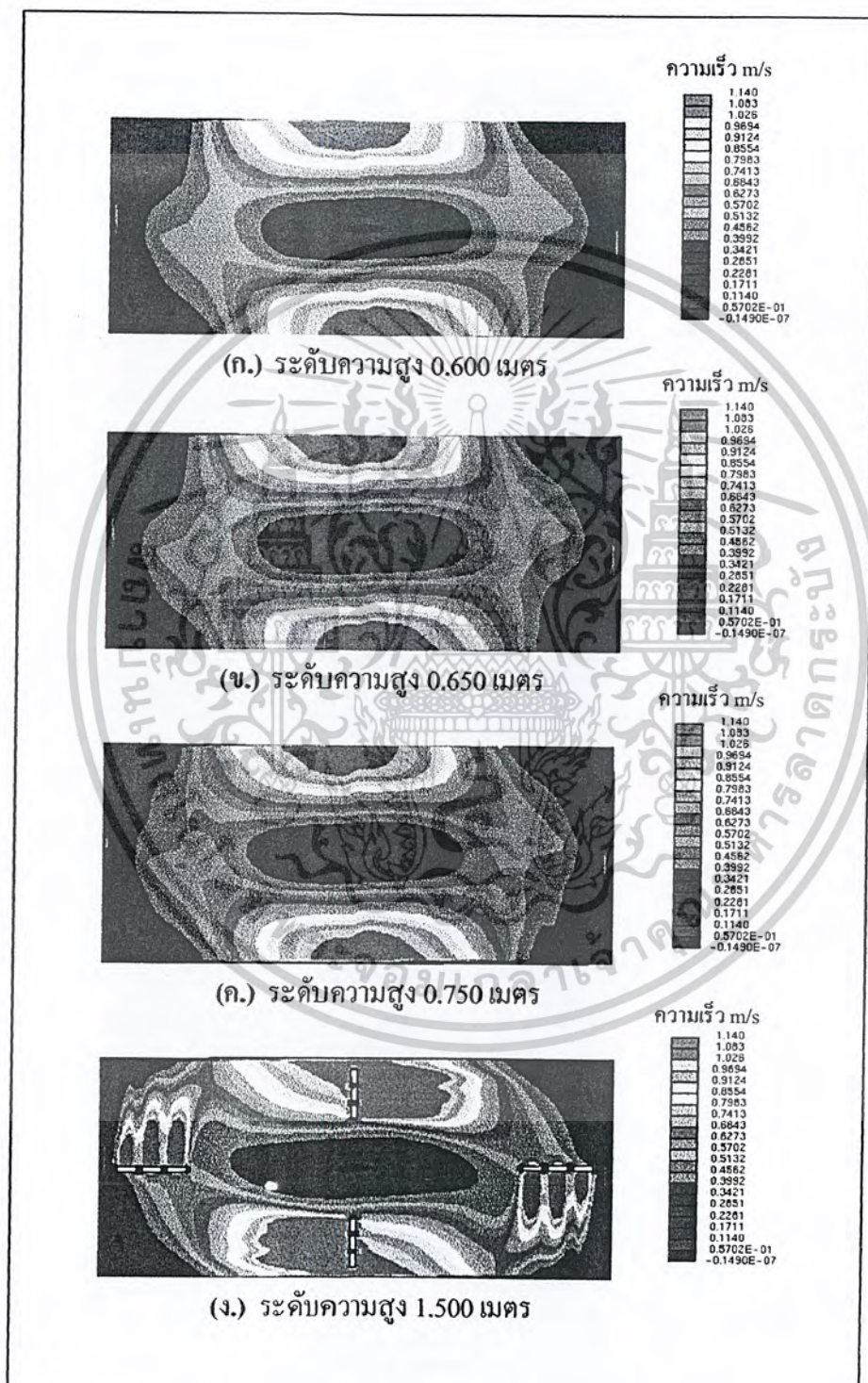
จากรูปที่ 5.35 แสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วเริ่มมีค่าคงที่ทำให้ลักษณะการรวมตัวกันของตะกอนเป็นรูปทรงที่คงตัวเกิดจากตรงกลางไม่มีความเร็วทำให้เกิดการรวมตัวกันของตะกอนส่วนรูปทรงวงรีที่เกิดเป็นผลของลักษณะความเร็วกระทำ ซึ่งสามารถดูค่าความเร็วได้จากแถบสีแสดงค่าความเร็ว



รูปที่ 5.36 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.510 ถึง 0.540 เมตรจากพื้นบ่อ

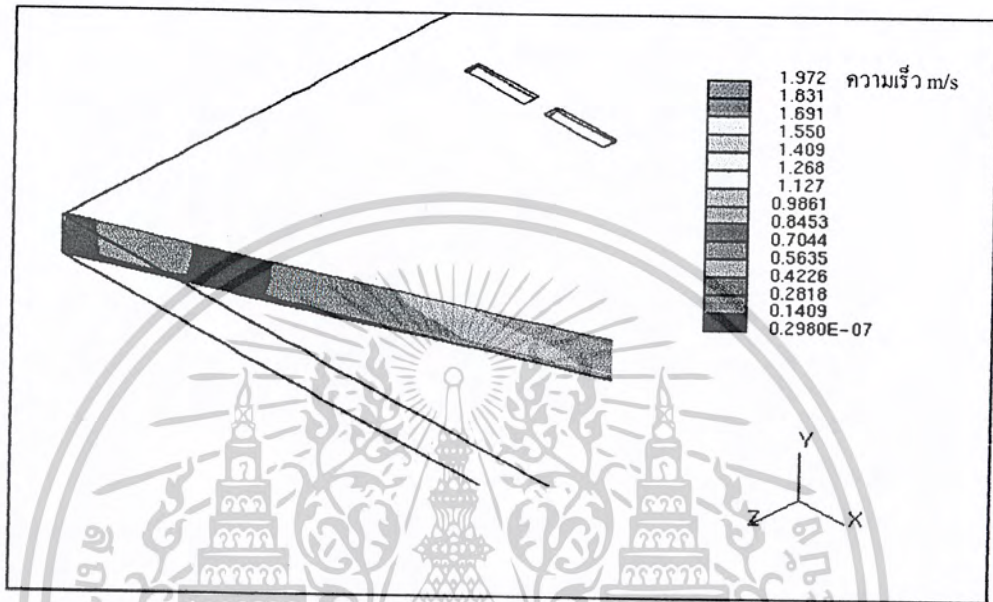
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.36 แสดงให้เห็นว่าค่าความเร็วเริ่มมีค่าคงที่ ผลจากที่ค่าความเร็วเริ่มมีค่าคงที่ ทำให้ลักษณะการรวมตัวกันของตะกอนเป็นรูปทรงที่คงตัว ซึ่งสามารถดูค่าความเร็วได้จากแถบสีแสดงค่าความเร็ว

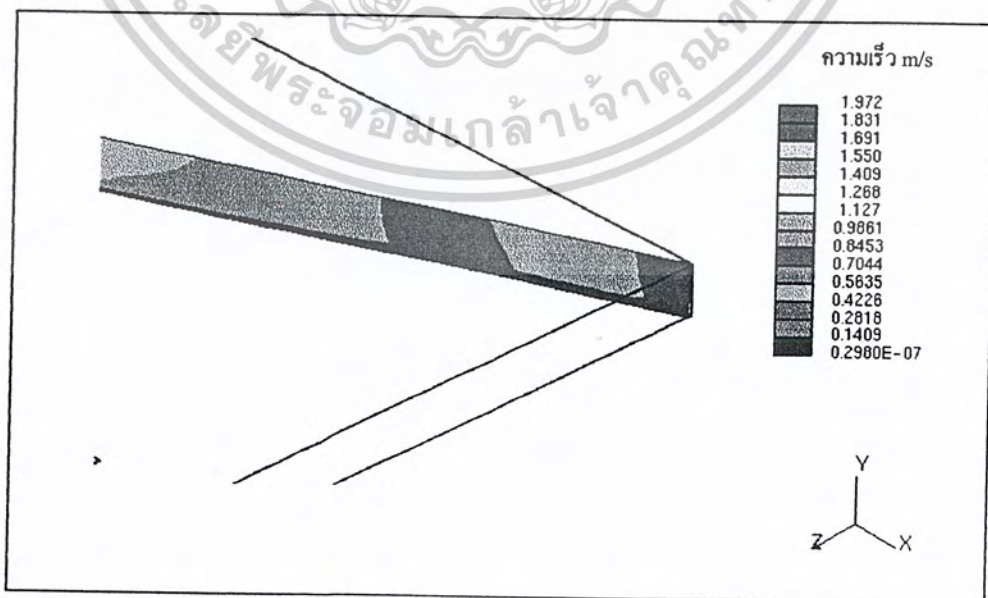


รูปที่ 5.37 ภาพแสดงระนาบตัดในแนวแกน Y โดยตัดที่ระดับความสูง 0.600 ถึง 1.500 เมตรจากพื้นบ่อ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.37 แสดงให้เห็นว่า ภาพตัดที่ระดับความสูง 1.5 เมตร หรือที่ระดับผิวน้ำมีค่าความเร็วมากที่สุดตรงจุดที่ออกจากชุดใบพัดคัตน้ำ ส่วนลักษณะรูปทรงการรวมตัวกันของตะกอนเป็นรูปทรงที่คงตัวซึ่งเราสามารถวิเคราะห์ได้ว่ารูปทรงการรวมตัวกันของตะกอนเป็นรูปทรงแบบวงรีมีลักษณะคว่ำ

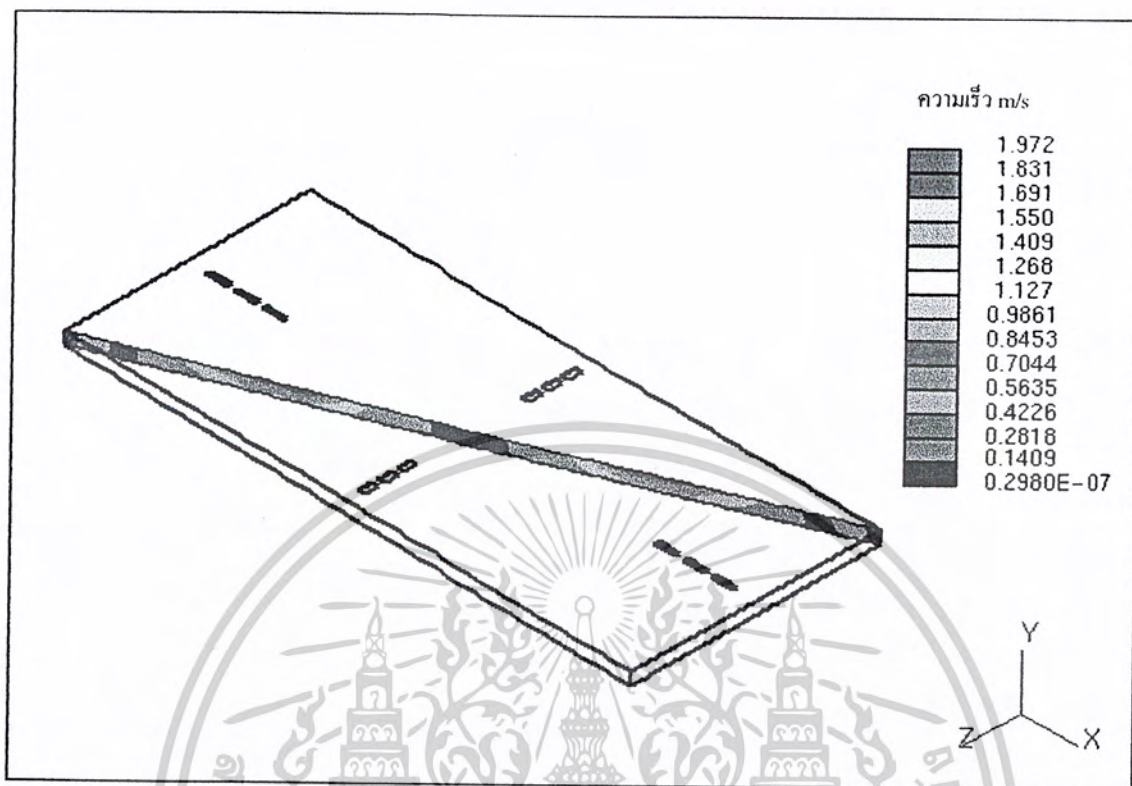


รูปที่ 5.38 แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวทแยงมุม

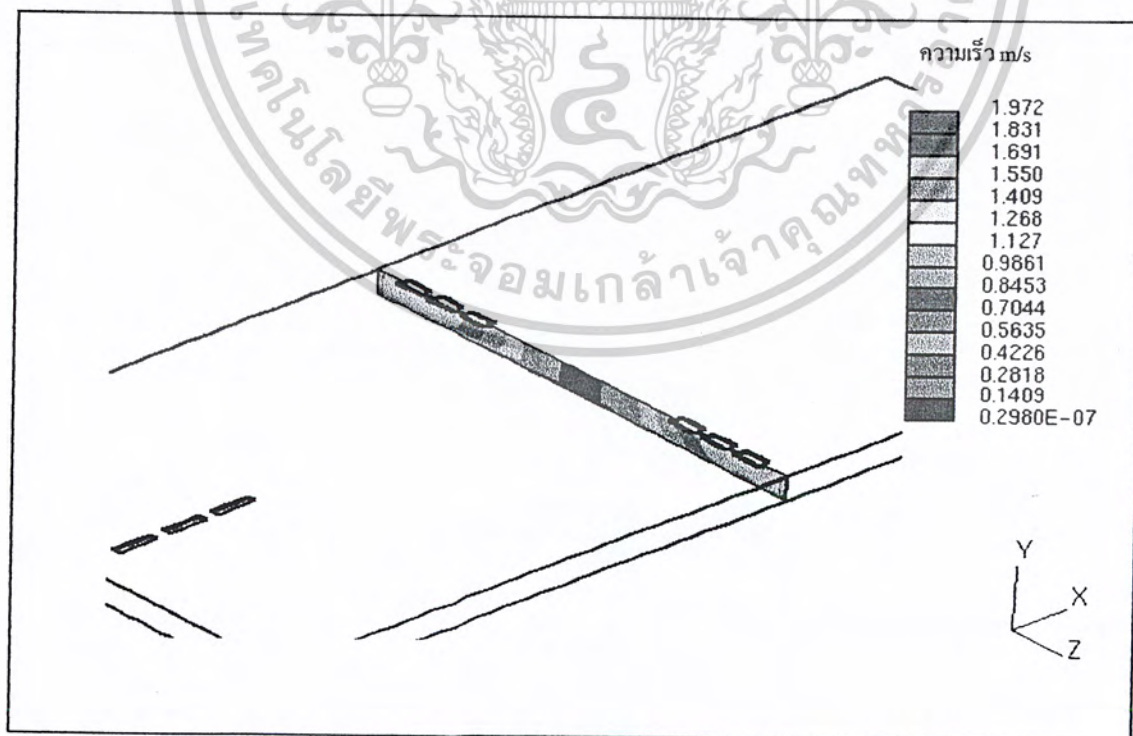


รูปที่ 5.39 แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวทแยงมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

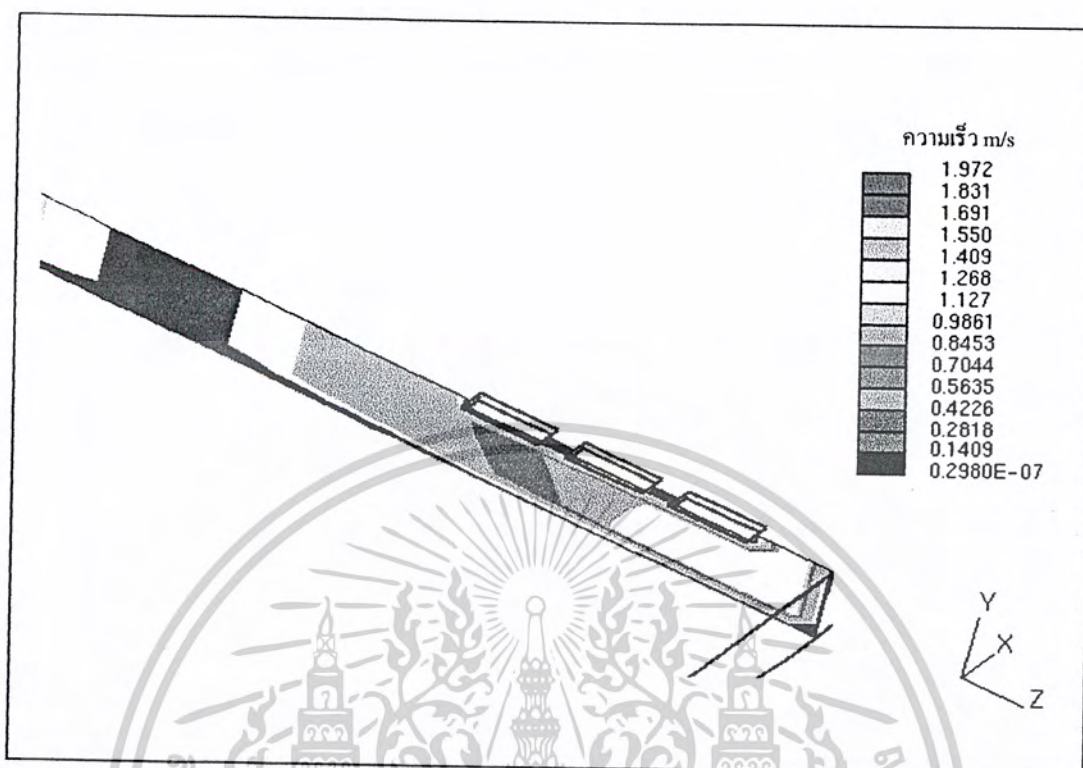


รูปที่ 5.39 แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวทแยงมุม



รูปที่ 5.40 แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวกึ่งกลาง

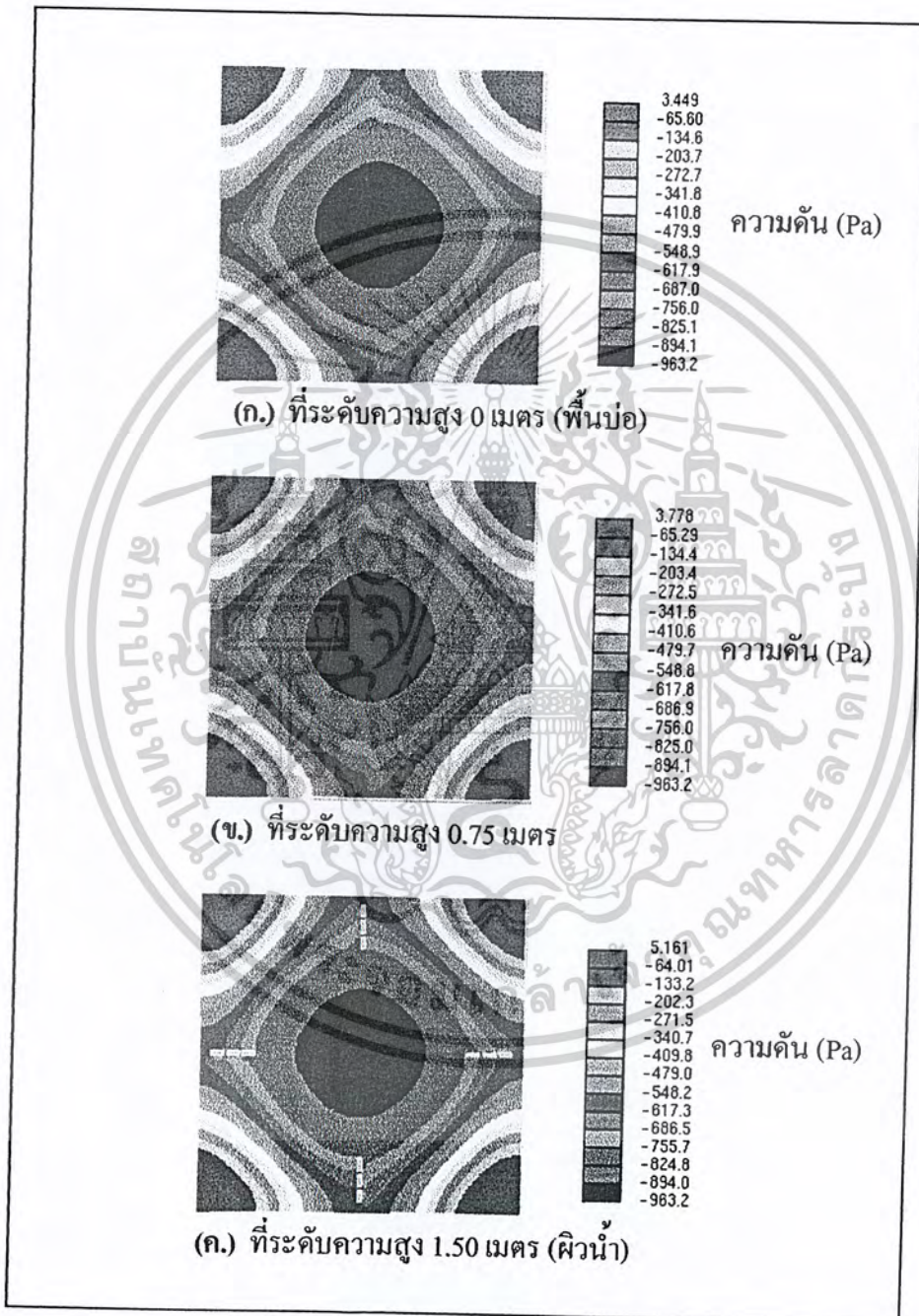
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.41 แสดงค่าความเร็วแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวกึ่งกลางที่ขยายเพื่อพิจารณาการรวมตัวกันของตะกอนและลักษณะรูปร่างของการรวมตัวกันของตะกอน

จากรูปที่ 5.38 ถึงรูปที่ 5.40 แสดงให้เห็นว่ามีการรวมดินแบบกระจัดกระจายโดยมีลักษณะรูปร่าง โคนค้ำ ส่วนบริเวณมุมมีการรวมตัวกันของตะกอนการรวมตัวกันที่เป็นแบบนี้เพราะขนาดของบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดของด้านกว้างและยาวไม่เท่ากันทำให้เกิดการการกระแตกของค่าความเร็วของด้านที่สั้นกว่าทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนทำให้ตะกอนกระจัดกระจาย การที่มีค่าความเร็วน้อยทางพื้นบ่อทำให้ตะกอนตกลงพื้นและข้างบนมีความเร็วทำให้มีลักษณะเป็น โคนค้ำ

5.2.5 ผลแสดงค่าความดันในระนาบตัดในแนวแกน Y ของบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยโปรแกรม STAR-CD V3.15 ซึ่งแสดงผลแบบ Pressure Contour filled

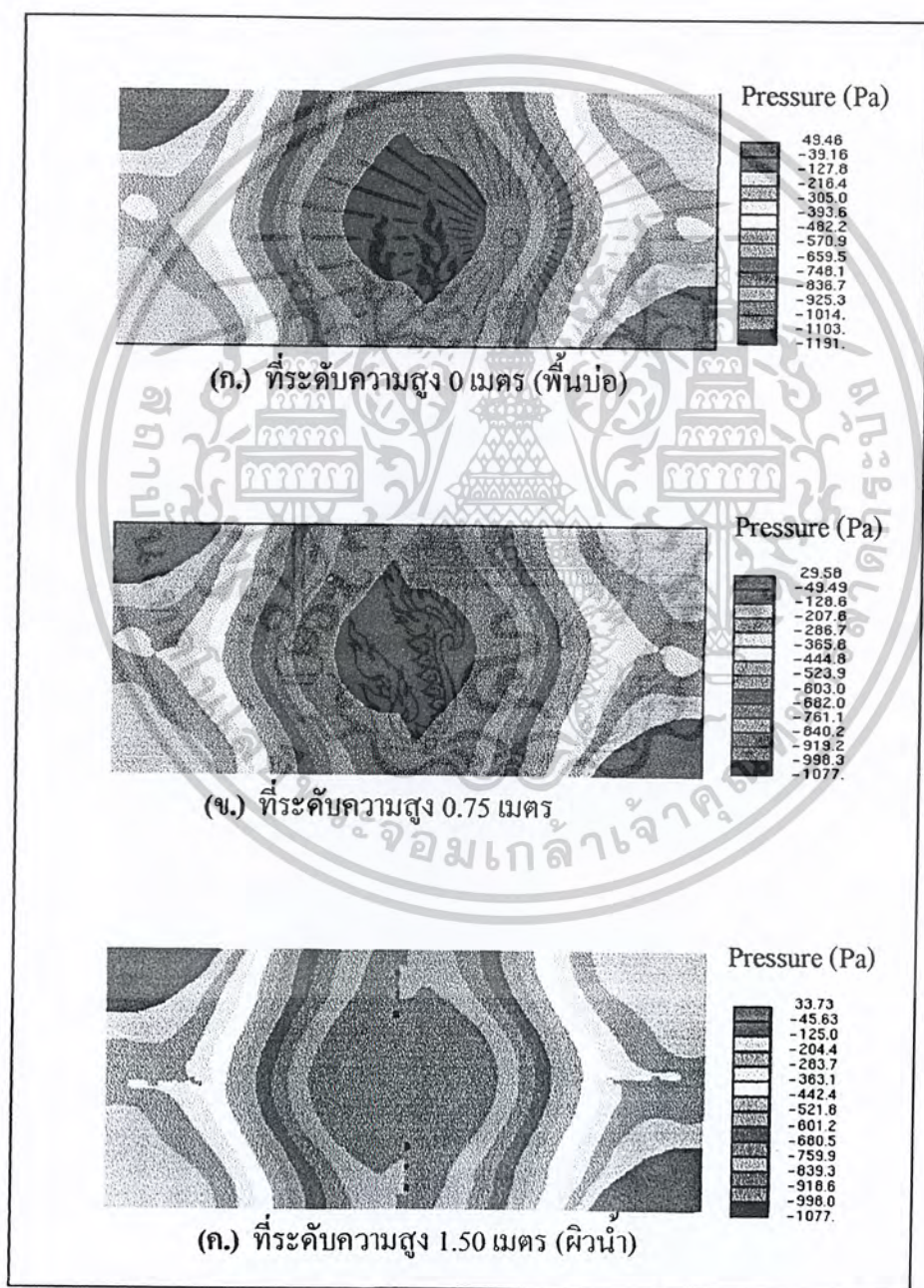


รูปที่ 5.42 แสดงค่าความดันแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวกึ่งกลางที่ขยายเพื่อพิจารณาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.42 พบว่าที่บริเวณมุมของบ่อเลี้ยงกุ้งมีความดันสูงกว่าบริเวณอื่นๆ และลักษณะการกระจายตัวของความดันที่มุมทั้งสี่ด้านมีลักษณะเหมือนกันคือความดันลดลงตามแนวรัศมีและบริเวณกึ่งกลางบ่อมีการกระจายตัวลักษณะเป็นรูปวงกลม

5.2.6 ผลแสดงค่าความดันในระนาบตัดในแนวแกน Y ของบ่อเลี้ยงกุ้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยโปรแกรม STAR-CD V3.15 ซึ่งแสดงผลแบบ Pressure Contour filled



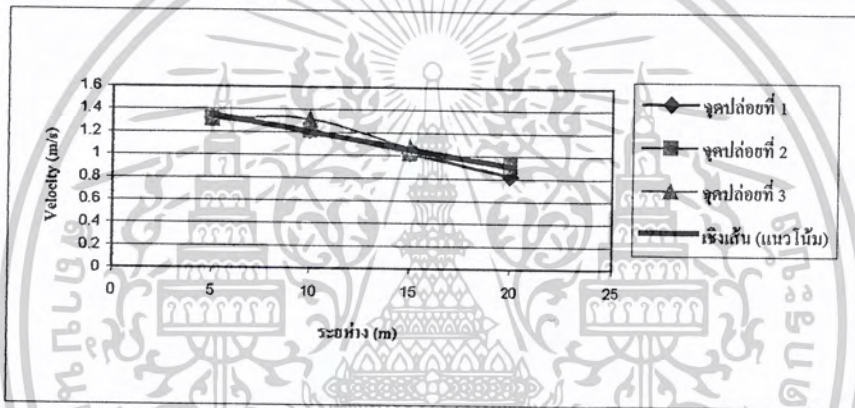
รูปที่ 5.43 แสดงค่าความดันแบบ Contour filled ในระนาบตัดในแนวกึ่งกลางที่ขยายเพื่อพิจารณาการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.43 พบว่าความดัน ณ ตำแหน่งมุมของบ่อทางด้านกว้างของด้านหน้าชุดใบพัดคีน้า มีค่าความดันสูงกว่า ตำแหน่งมุมบ่อทางด้านยาวของใบพัดคีน้า เนื่องจากความเร็วในการกระทบทางด้านยาวมีค่าน้อยกว่าทางด้านกว้างจึงทำให้ความเข้มของความดันบริเวณนี้น้อยกว่า

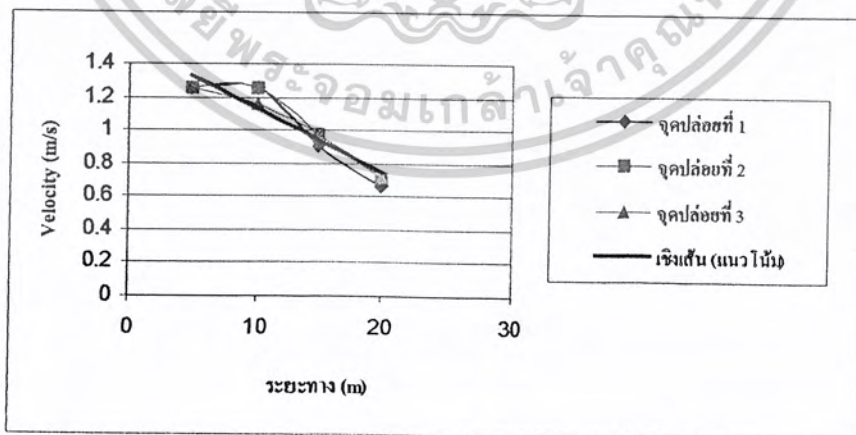
5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลอง

5.3.1 กราฟแสดงค่าความเร็วซึ่งได้จากการวิเคราะห์ทางโปรแกรม

กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็ว กับระยะทางของบ่อที่ได้จากการวิเคราะห์ในโปรแกรม STAR – CD พบว่าค่าความเร็ว มีค่ามากเมื่อออกจากชุดใบคีน้า และมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างจากชุดใบคีน้าเพิ่มขึ้นซึ่งค่าความเร็วที่ระยะต่างๆแสดงดังรูปที่ 5.45 ถึง 5.47



รูปที่ 5.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วกับระยะทางของบ่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 5.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเร็ว กับระยะทางของบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านยาว

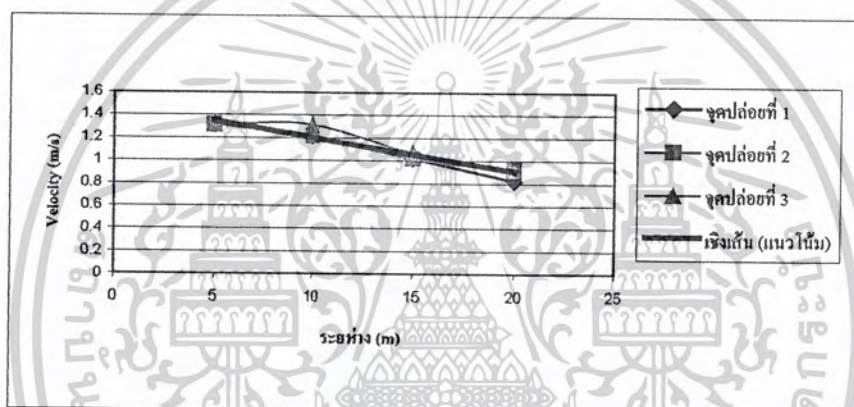
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.43 พบว่าความดัน ณ ตำแหน่งมุมของบ่อทางด้านกว้างของด้านหน้าชุดไบพัตติ น้ำ มีค่าความดันสูงกว่า ตำแหน่งมุมบ่อทางด้านยาวของไบพัตติน้ำ เนื่องจากความเร็วในการกระทบทางด้านยาวมีค่าน้อยกว่าทางด้านกว้างจึงทำให้ความเข้มของความดันบริเวณนี้น้อยกว่า

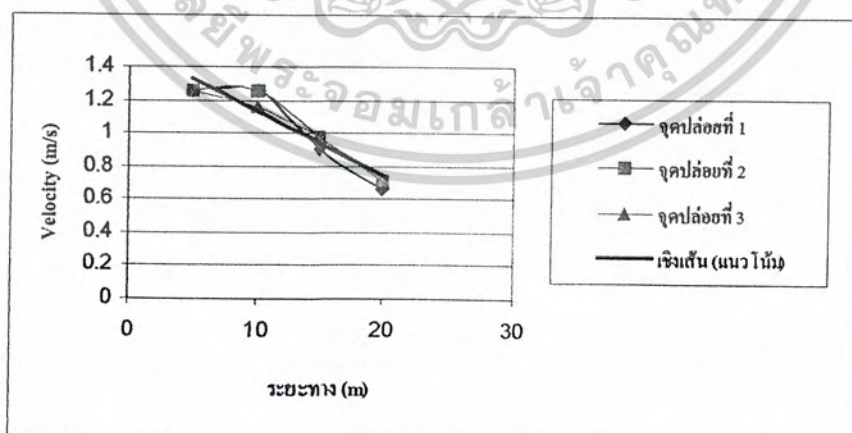
5.3 การเปรียบเทียบผลการทดลอง

5.3.1 กราฟแสดงค่าความเร็วซึ่งได้จากการวิเคราะห์ทางโปรแกรม

กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็ว กับระยะทางของบ่อที่ได้จากการวิเคราะห์ ในโปรแกรม STAR – CD พบว่าค่าความเร็ว มีค่ามากเมื่อออกจากชุดไบพัตติน้ำ และมีค่าลดลงเมื่อมีระยะห่างจากชุดไบพัตติน้ำเพิ่มขึ้นซึ่งค่าความเร็วที่ระยะต่างๆแสดงดังรูปที่ 5.45 ถึง 5.47

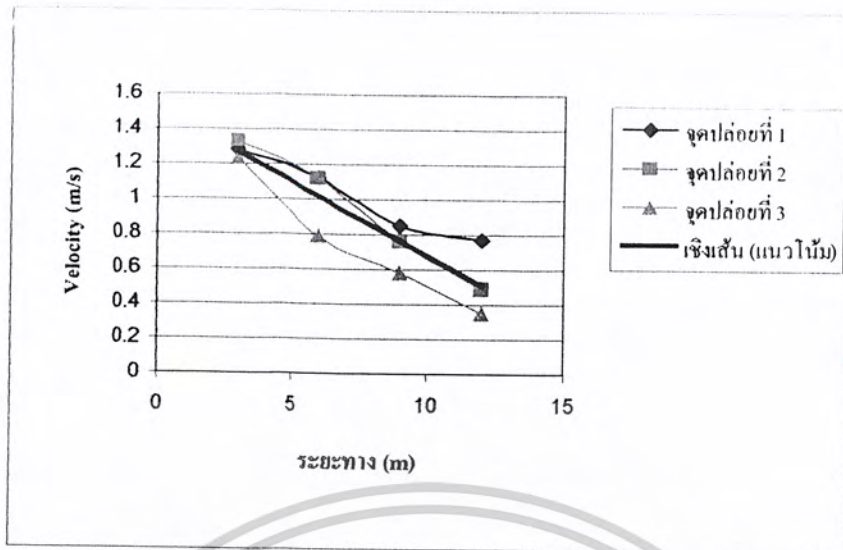


รูปที่ 5.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วกับระยะทางของบ่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 5.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเร็ว กับระยะทางของบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

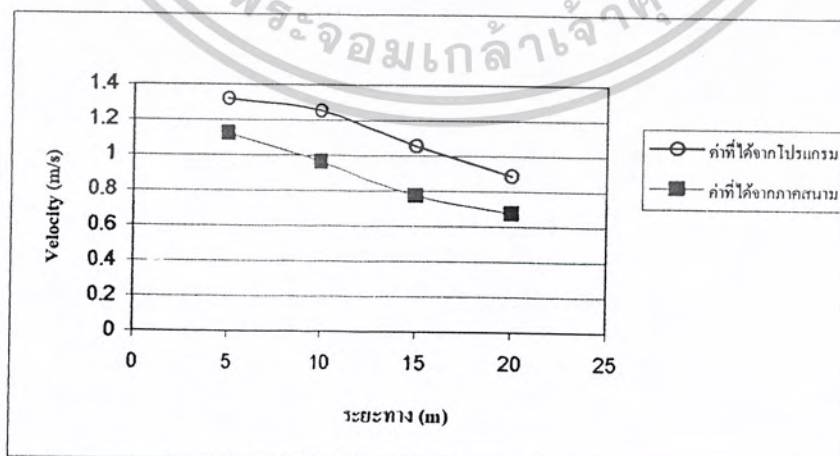


รูปที่ 5.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วกับระยะทางของบ่อสี่เหลี่ยมทางด้านกว้าง

3.2.2 การเปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณจากการทดลองภาคสนามกับผลที่โปรแกรม STAR-CD V3.15

การเปรียบเทียบผลของค่าความเร็ว กับระยะทางระหว่างข้อมูลที่ได้จากภาคสนามกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม STAR - CD V3.15

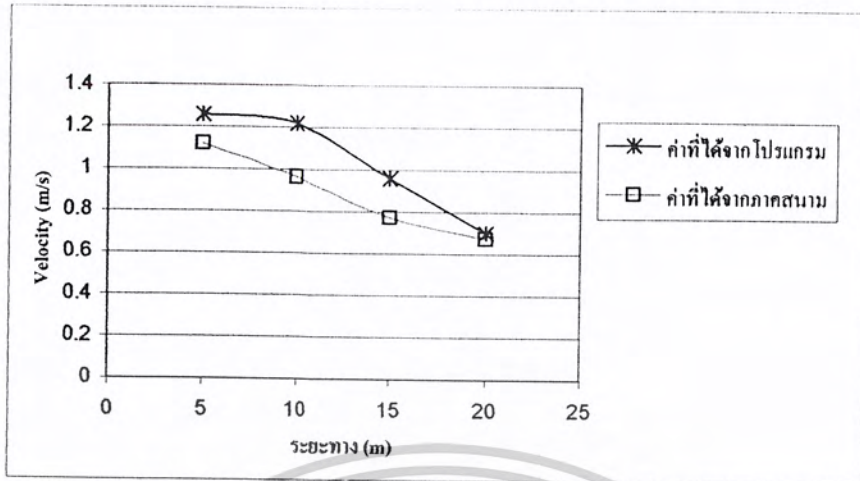
จากรูปที่ 5.48 และ 5.49 พบว่าค่าของความเร็ว ที่ได้จากโปรแกรมมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากภาคสนามแต่ค่าที่ได้ทั้งสองค่านี้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ เมื่อระยะทางเพิ่มมากขึ้นค่าความเร็ว จะลดลง



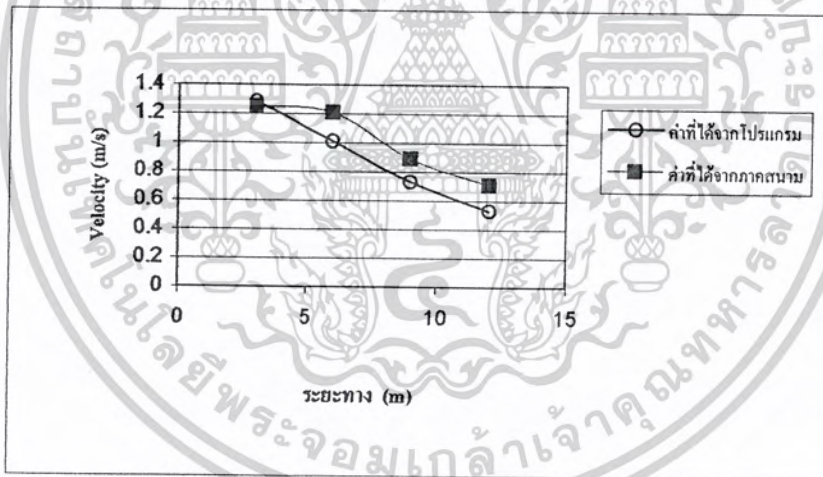
รูปที่ 5.48 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณระหว่างผลการทดลองจากภาคสนามกับผลการ

ทดลองจากโปรแกรมของบ่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวิทยานิพนธ์ของบ่อสี่เหลี่ยมจัตุรัส อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.49 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองจากภาคสนามกับผลการทดลองจากโปรแกรมของบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านยาว



รูปที่ 5.50 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองจากภาคสนามกับผลการทดลองจากโปรแกรมของบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าทางด้านกว้าง

จากรูปที่ 5.92 จะเห็นได้ว่าค่าของความเร็ว ที่ได้จากโปรแกรมมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากภาคสนามแต่ค่าที่ได้ทั้งสองค่านี้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ เมื่อระยะทางเพิ่มมากขึ้นค่าความเร็วจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 จากการศึกษาแบบจำลองการพัดพาและการตกตะกอนในบ่อเลี้ยง โดยโปรแกรม STAR - CD V3.15 พบว่าสำหรับบ่อเลี้ยงกึ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตะกอนมีการรวมตัวบริเวณกลางบ่อ และบริเวณมุมของบ่อทั้งสิ้นด้าน โดยตะกอนที่สะสมบริเวณกลางบ่อมีลักษณะเป็นรูปวงกลมเนื่องจากที่บริเวณกลางบ่อและบริเวณมุมทั้งสิ้นด้าน มีการไหลวนของชั้นความเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณจุดศูนย์กลางบ่อมีความเร็ว น้อยมากส่งผลให้ตะกอนตกลงสู่ก้นบ่อด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนกรณีลักษณะบ่อเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าพบว่าตะกอนมีการรวมตัวอยู่ตรงกลางมีรูปลักษณะวงรีและมีการสะสมที่บริเวณมุมของบ่อด้านหน้าของชุดใบตึ้นน้ำของด้านยาวของบ่อ ส่วนบริเวณมุมของบ่อด้านหน้าของชุดใบตึ้นน้ำของด้านกว้างระยะทางที่สั้นกว่าด้านยาวแต่ความเร็วรอบที่ใช้ขับใบพัดเท่ากับด้านยาว ส่งผลให้ตะกอนที่บริเวณนี้มีการเคลื่อนตัวแบบปั่นป่วนส่งผลทำให้เกิดการกระจายตัวของตะกอน และมีการรวมตัวที่ก้นบ่อบริเวณที่มีการหมุนวน

6.2.1 จากการศึกษาเปรียบเทียบค่าความเร็วการเคลื่อนตัวของตะกอนที่ผิวน้ำพบว่าความเร็วที่บันทึกผลได้จากการวัดจริงมีค่าน้อยกว่าความเร็วที่ได้จากผลการคำนวณ โดยโปรแกรม STAR-CD V3.15 เพราะถูกปึงปองมีขนาดใหญ่จึงทำให้มีแรงต้านขณะเคลื่อนตัวบนผิวน้ำสูง

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเพิ่มปัจจัยในการจำลองให้พิจารณาผลของอุณหภูมิ เพราะมีผลต่อแรงลอยตัวของน้ำภายในบ่อเลี้ยงกึ่ง
2. ควรมีการใช้เครื่องมือวัดค่าความเร็วที่แม่นยำมากกว่านี้ เช่น Laser Dropper เพื่อให้ค่าที่ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. นพคุณ โสมสิน, 2528, บทบาทของตะกอน, วารสาร อุทกวิทยา 48 ปี ฝ่ายสำรวจและศึกษา ตะกอน กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน, กรุงเทพมหานคร.
2. วีระพล แต่สมบัติ, 2531, อุทกวิทยาประยุกต์ (Applied Hydrology, ภาควิชาวิศวกรรม ทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
3. วีระชัย ลีมพรชัยเจริญ และพงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ, 2544, กลศาสตร์ของไหล 1 Fluid Mechanics Volume I, ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
4. สุทธิ เกื้อและคณะ, 2543, การสำรวจศึกษาผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด กรมศึกษาการสะสมและการกระจายของไอออนจากน้ำทะเล จากบ่อเลี้ยงที่มีอายุเลี้ยงต่างกัน ที่อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี, เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2543 สถาบันวิจัยและ พัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเล กรมประมง
5. สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักงานรัฐมนตรี, 2542, การพัฒนาการเลี้ยงกุ้งทะเลในประเทศไทย ช่วงปี พ.ศ. 2528-2538, กลุ่มงานวิเคราะห์และพัฒนาข้อมูลเชิงเศรษฐกิจ กองสถิติ เศรษฐกิจ
6. Matthew Peter Straw, 2000, Computation and Measurement of wind Induced Ventilation, Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy
7. Sam shulits and Ralph D. Hill, 1968, BEDLOAD FORMULAS, Department of Civil Engineering, Pennsylvania State University, Pennsylvania.
8. Water Hans Graf, 1971, Hydraulics of Sediment Transport, Lehing University New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงความเร็วของเพลาจับใบพัดคัตน้ำ

ลักษณะบ่อ ครั้งที่	ความเร็วรอบของเพลาจับใบพัดคัตน้ำ (รอบต่อนาที)					ค่าเฉลี่ย	15%ของ ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5		
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	51.8	51.5	51.8	52.0	51.9	51.9	59.7
สี่เหลี่ยมผืนผ้า	51.6	51.8	51.7	51.5	51.9	51.7	59.5

ตารางที่ 2 แสดงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกกึ่งป้องกันที่ผิวน้ำ ในบ่อกึ่งขนาด 80x80x1.5 เมตร

ระยะทางเคลื่อนที่ (เมตร)	จุดที่ ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)					ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5	
5	1	4.42	4.46	4.34	4.38	4.42	4.40
	2	4.46	4.50	4.42	4.42	4.46	4.45
	3	4.50	4.46	4.38	4.42	4.46	4.44
10	1	10.30	10.41	10.30	10.52	10.20	10.34
	2	10.41	10.52	10.30	10.41	10.30	10.38
	3	10.20	10.41	10.30	10.20	10.41	10.30
15	1	19.48	19.73	19.23	19.48	19.73	19.53
	2	19.23	18.98	18.98	19.23	19.48	19.18
	3	18.98	19.23	19.48	19.23	18.98	19.18
20	1	29.85	30.30	29.41	29.85	30.30	29.94
	2	28.98	28.16	28.57	29.41	28.16	28.65
	3	29.41	28.98	29.41	28.57	28.98	29.07
25	1	52.08	51.02	53.19	51.02	52.08	51.87
	2	48.07	46.29	47.16	48.07	49.01	47.72
	3	46.29	47.16	48.07	47.16	46.29	46.99
30	1	78.94	81.08	76.92	78.94	78.94	82.96
	2	62.50	63.82	61.22	63.82	63.82	63.03
	3	61.22	62.50	61.22	63.82	62.50	62.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกปืนที่ผิวหน้า ไบบ่อ กุ้งขนาด 30x70x1.5 เมตร ทาง
ด้านยาว 70 เมตร

ที่ระยะห่างจากไบพัด (เมตร)	จุดที่ ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)					ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5	
5	1	4.46	4.42	4.42	4.34	4.46	4.42
	2	4.50	4.46	4.50	4.34	4.34	4.42
	3	4.42	4.46	4.46	4.38	4.42	4.42
10	1	10.41	10.41	10.30	10.52	10.41	10.41
	2	10.20	10.41	10.30	10.41	10.30	10.32
	3	10.20	10.20	10.10	10.52	10.30	10.26
15	1	20.54	19.73	19.23	18.98	18.98	19.49
	2	19.48	18.98	19.23	18.98	19.423	19.21
	3	19.23	19.23	19.73	19.23	19.48	19.38
20	1	28.98	29.85	29.85	29.41	29.41	29.50
	2	29.41	28.98	29.41	29.85	29.85	29.50
	3	29.41	28.98	29.41	29.41	28.98	29.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกปิงปองที่ผิวหน้า ไม้บ่อกุ้งขนาด 30x70x1.5 เมตรทาง
ด้านกว้าง 30 เมตร

ที่ระยะห่างจากไม้พัด (เมตร)	จุดที่ ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)					ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5	
3	1	2.38	2.38	2.40	2.40	2.40	2.39
	2	2.38	2.36	2.36	2.38	2.36	2.36
	3	2.34	2.34	2.34	2.38	2.34	2.35
6	1	5.0	5.0	4.95	5.0	5.0	5.0
	2	4.95	4.91	4.95	4.95	4.95	4.95
	3	4.38	4.91	4.87	4.83	4.85	4.85
9	1	11.53	11.68	11.53	11.68	11.53	11.59
	2	11.25	11.11	11.25	11.25	11.25	11.22
	3	10.58	10.71	10.71	10.58	10.71	10.65
12	1	17.39	19.04	17.64	17.91	17.64	17.92
	2	16.43	16.43	16.66	16.66	16.90	16.61
	3	15.78	15.78	15.58	15.78	15.78	15.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงอัตราความเร็วที่ผิวน้ำ ในบ่อกึ่งขนาด 80x80x1.5 เมตร

ระยะทางเคลื่อนที่ (เมตร)	จุดที่ ครั้งที่	ความเร็วที่ผิวน้ำ (เมตร/วินาที)					ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5	
5	1	1.13	1.12	1.15	1.14	1.13	1.13
	2	1.12	1.11	1.13	1.13	1.12	1.12
	3	1.11	1.12	1.14	1.13	1.12	1.12
10	1	0.97	0.96	0.97	0.95	0.98	0.96
	2	0.96	0.95	0.97	0.96	0.97	0.96
	3	0.98	0.96	0.97	0.98	0.96	0.97
15	1	0.77	0.76	0.78	0.77	0.76	0.76
	2	0.78	0.79	0.79	0.78	0.77	0.78
	3	0.79	0.78	0.77	0.78	0.79	0.78
20	1	0.67	0.66	0.68	0.67	0.66	0.66
	2	0.69	0.71	0.70	0.68	0.71	0.69
	3	0.68	0.69	0.68	0.70	0.69	0.68
25	1	0.48	0.49	0.47	0.49	0.48	0.48
	2	0.52	0.54	0.53	0.52	0.51	0.52
	3	0.54	0.53	0.52	0.53	0.54	0.53
30	1	0.38	0.37	0.39	0.38	0.38	0.38
	2	0.48	0.47	0.49	0.47	0.47	0.47
	3	0.49	0.48	0.49	0.47	0.48	0.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงอัตราความเร็วที่ผิวน้ำ ใบบ่อกุ้งขนาด 30x70x1.5 เมตร ทางด้านยาว 70 เมตร

ที่ระยะห่างจากใบพัด (เมตร)	จุดที่ ครั้งที่	ความเร็วที่ผิวน้ำ (เมตร/วินาที)					ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5	
5	1	1.12	1.13	1.13	1.15	1.12	1.13
	2	1.11	1.12	1.11	1.15	1.15	1.12
	3	1.13	1.12	1.12	1.14	1.13	1.12
10	1	0.96	0.96	0.97	0.95	0.96	0.96
	2	0.98	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96
	3	0.98	0.98	0.99	0.95	0.97	0.97
15	1	0.73	0.76	0.78	0.79	0.79	0.77
	2	0.77	0.79	0.78	0.79	0.78	0.78
	3	0.78	0.78	0.76	0.78	0.77	0.77
20	1	0.69	0.67	0.67	0.68	0.68	0.67
	2	0.68	0.69	0.68	0.67	0.67	0.67
	3	0.68	0.69	0.68	0.68	0.69	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงอัตราความเร็วที่ผิวน้ำ ไบโอบ่กึ่งขนาด 30x70x1.5 เมตรทางด้านกว้าง 30 เมตร

ที่ระยะห่างจากใบพัด (เมตร)	จุดที่ ครั้งที่	ความเร็วที่ผิวน้ำ (เมตร/วินาที)					ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	5	
3	1	1.26	1.26	1.25	1.25	1.25	1.25
	2	1.26	1.27	1.27	1.26	1.27	1.24
	3	1.28	1.28	1.28	1.27	1.28	1.27
6	1	1.20	1.20	1.21	1.20	1.20	1.20
	2	1.21	1.22	1.21	1.21	1.21	1.21
	3	1.24	1.22	1.23	1.24	1.24	1.23
9	1	0.78	0.77	0.78	0.77	0.78	0.78
	2	0.80	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81
	3	0.85	0.84	0.84	0.85	0.84	0.84
12	1	0.69	0.63	0.68	0.67	0.68	0.67
	2	0.73	0.73	0.72	0.72	0.71	0.72
	3	0.76	0.76	0.77	0.76	0.76	0.76

ตารางที่ 8 การหาความหนาแน่นของสิ่งที่ทำให้เกิดตะกอนแบบ Wet Density

ครั้งที่	อาหารกึ่งและสิ่งที่ทำให้เกิดตะกอน			
	น้ำหนักบีกเกอร์ 50 ml (g)	น้ำหนักบีกเกอร์ 50 ml + ตะกอน (g)	ความหนาแน่น (g/ml)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
1	33.556	101.156	1.352	1352
2	33.555	100.905	1.347	1347
3	33.552	101.102	1.351	1351
			ค่าเฉลี่ย	1350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคุณแม่ที่คอยเป็นกำลังใจให้ลูก ๆ ได้ทำโครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณอาจารย์วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ ดร.วิภา เจียรระโนวชิระ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ช่วยเหลือ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือกันตลอด 3 ปี ขอขอบคุณคุณสมพร เจ้าของฟาร์มกึ่งกุลาค้า คลอง 11 ประทุมธานี ที่ได้ช่วยเหลือเรื่องกรเก็บข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ และขอขอบคุณทุกคนที่ให้กำลังใจจนทำให้งานนี้สำเร็จสมบูรณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้