ผลของการเคลื่อนที่ของตะกอนต่อการจมตัวของปะการังเทียม

นางสาว จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0191-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF SEDIMENT TRANSPORTATION ON THE SINKING OF ARTIFICIAL REEF

Miss Chanpen Wutthivorawong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

For the Degree of Master of Science in Environmental Science

Inter-departmental of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-17-0191-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเคลื่อนที่ของตะกอนต่อการจมตัวของปะการังเทียม
โดย	นางสาว จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.วิชาญ อิงศรีสว่าง

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.วิชาญ อิงศรีสว่าง)

..... กรรมการ
(ดร.ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ ยีมิน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวจันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ : ผลของการเคลื่อนที่ของตะกอนต่อการจมตัวของปะการังเทียม. (EFFECT OF SEDIMENT TRANSPORTATION ON THE SINKING OF ARTIFICIAL REEF) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร. วิชาญ อิงศรีสว่าง. 121 หน้า. ISBN 974-17-0191-8.

การวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการจมตัวของปะการังเทียมที่สร้างบนพื้นทราย โดยศึกษาลักษณะการเคลื่อนตัวของตะกอนทรายรอบปะการังเทียม ลักษณะ และรูปแบบการจมตัวของปะการังเทียม และความสัมพันธ์ของปัจจัยของสภาพแวดล้อมทางกายภาพทางทะเลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการจมตัวของปะการังเทียม โดยจัดวางปะการังเทียมบริเวณพื้นทะเลที่เป็นทรายของอ่าวขาม เกาะเสม็ด จังหวัดระยอง ห่างจากฝั่ง 200 เมตร ความลึกน้ำ 5-6 เมตร ทำการศึกษาในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยใช้ปะการังเทียมรูปแบบที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (Abalone reef) จำนวน 6 ก้อน หาขนาดตะกอนเฉลี่ยของพื้นทะเลโดยการขุดตะกอนจากพื้นทะเลขึ้นมา หาขนาดตะกอนที่ตกลงมาโดยใช้กระบอกดักตะกอน หาความสูงตะกอนที่เคลื่อนเข้าและออกบริเวณรอบปะการังเทียมโดยใช้เสาอ้างอิง และปริมาณตะกอนในกระบอก บันทึกภาพการจมตัว วัดค่าการจมตัวของปะการังเทียม และ วัดกระแสน้ำบริเวณที่ทำการทดลอง พบว่าบริเวณที่ทำการศึกษามีขนาดตะกอนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.096 ถึง 0.581 มิลลิเมตร กระแสน้ำประจำถิ่นเป็นกระแสน้ำชายฝั่งมีความเร็วกระแสน้ำในทิศตะวันออกเฉียงเหนือสูงสุดเท่ากับ 88 เซนติเมตร/ วินาที เมื่อวางปะการังเทียมแล้วทำให้มีการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายบริเวณฐานของปะการังเทียมจากด้านปะทะกระแสน้ำไปทางด้านหลัง เกิดเป็นหลุมทรายด้านหน้า ความลึกหลุมขึ้นอยู่กับขนาดตะกอนทรายที่พื้น ความเร็วกระแสน้ำ และความสูงคลื่น หลุมดังกล่าวทำให้เกิดการจมตัวของปะการังเทียม และการฝังตัวของปะการังเทียมเกิดจากสาเหตุของการเคลื่อนตัวของตะกอน

การศึกษาในครั้งนี้ชี้ว่า ในการแก้ปัญหาการจมตัวของปะการังเทียม ต้องออกแบบรูปทรงของปะการังเทียมให้มีพื้นที่ปะทะกระแสน้ำให้น้อยที่สุด และต้องจัดวางปะการังเทียมให้ขวางทิศทางกระแสน้ำประจำถิ่นและทิศทางของลมมรสุมที่มาปะทะให้น้อยที่สุด บริเวณที่เลือกเป็นบริเวณจัดสร้างควรมีความเร็วกระแสน้ำวิกฤตที่เฉพาะกับขนาดของเม็ดทรายต่ำกว่าความเร็วกระแสน้ำประจำถิ่น หลีกเลี่ยงบริเวณที่มีคลื่นมารบกวน สำหรับการพอกตะกอนทรายที่ก้อนปะการังเทียม ยังจะต้องศึกษาต่อไปว่า จะมีการพอกตะกอนทรายจนมิดก้อนปะการังเทียมหรือไม่ อัตราการพอกเป็นเท่าไร และในสภาพแวดล้อมอย่างไร ซึ่งนอกจากผลกระทบที่มีต่อปะการังเทียมแล้ว จะต้องคำนึงถึงผลกระทบหลังการจัดสร้างฯ ที่มีต่อสิ่งชีวิตโดยรอบ เนื่องจากการขวางทางน้ำของก้อนปะการังเทียมก่อให้เกิดการฟุ้งของตะกอนด้วย

สหสาขาวิชา<u>วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม</u>	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขา<u>วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม</u>	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา <u>2544</u>	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4289655120 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : ARTIFICIAL REEF, SEDIMENT TRANSPORT, SCOURING, ACCRETION, PHYSICAL ENVIRONMENTAL OCEANOGRAPHY

CHANPEN WUTTHIVORAWONG : EFFECT OF SEDIMENT TRANSPORTATION ON SINKING OF ARTIFICIAL REEF. THESIS ADVISOR : SUPICHAI TANGJAITONG, PH.D. THESIS COADVISOR : VICHARN INGSRISAWANG, PH.D.

121 pp. ISBN 974-17-0191-8.

This research had studied environmental factors that effect on sinking of artificial reefs, sediment transportation around artificial reefs, patterns and processes of sinking of artificial reef. The study site was 200 meters offshore at Ao Kham, Ko Samet, Rayong province with sandy bed and average water depth of 5 - 6 meters. The experiment was carried out during southwest monsoon of the year 2001. The field experiment consisted of 6 abalone artificial reefs. To detect the sediment grain size, two methods of sediment collection were used such as core sampling method for sampled bottom sediment and sediment trap method for trapped sinking sediment. To investigate sediment transport around the artificial reefs, adjacent sea bottom level with respect to referring collars and amount of deposit in sediment trap were used. Series of under water photographs were taken to show sinking process. In addition, the measurement of the progressive of sinking depths around artificial reefs were done. To measure local current, a current meter was deployed during the observation periods Observation results showed that the study area was sandy bed with median grain size of the range of 0.096 - 0.581 millimeters. The maximum speed of local longshore current was 88 cm/sec in the north–east direction. Moreover, after deploying the artificial reefs, sediment moved from front to lee sides and generated holes at front sides. The scour depths were depending on sediment sizes, current velocity and wave height. Moreover, the scour hole was the caused of sinking of artificial reef and sediment motion along seabed was the cause of embeding of the reef.

This studied suggested that to decreased sinking of artificial reefs, the suitable reef shape design should minimize area of facing side approach to the local current. In addition, the setting position due to local current and monsoon current directions should be done. The selection site, should have critical velocity for specific sediment size lower than local current velocity. The site should be absented from wave effect. In the case of accretion at artificial reef, further study should focus on the cause of embedment, accretion rate under variant environmental conditions. In addition artificial reef deployment should be aware of impact on marine organism due to resuspension sediment from current turbulence caused by the reefs.

Inter-departmental Environmental science Student's signature .....

Field of study Environmental science Advisor's signature .....

Academic year 2001 Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ดร.วิชาญ อิงศรีสว่าง นักวิชาการประมง กองวิศวกรรมประมง กรมประมง ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ตั้งแต่เริ่มทำวิทยานิพนธ์จนกระทั่งสำเร็จเป็นรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้

ขอขอบคุณ คุณประวิม วุฒิสินธุ์ ผู้อำนวยการศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์และอำนวยความสะดวกในการใช้อุกรณ์ในการทดลองต่างๆ รวมทั้งเรือและห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ดำน้ำของศูนย์ฯ ขอบคุณ ดร.ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ นักวิชาการประมงของศูนย์ฯ ที่ให้คำแนะนำต่างๆ ที่สำคัญต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอบคุณ คุณรณวัน บุญประกอบ คุณพรชัย ขำแป้ง และคุณประพัตร แก้วมณี ที่ช่วยเหลือในการออกเก็บข้อมูลภาคสนาม คุณสมพงศ์ บันติวิวัฒน์กุล คุณกมลรัตน์ ศุภกมลมาส ที่ให้การช่วยเหลือในการปฏิบัติการในห้องทดลอง รวมทั้ง กองประมงต่างประเทศ คุณอนุชา ส่งจิตสวัสดิ์ และ นักวิชาการ เจ้าพนักงาน เจ้าหน้าที่ นักวิชาการชั่วคราว ในกลุ่มงานต่างๆ ของศูนย์ทุกๆ คน เจ้าหน้าที่จากกองประมงทะเล ที่มีส่วนช่วยเหลือและได้ให้โอกาสแก่ข้าพเจ้าได้ทำงานวิจัย จนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณวิเชียร สาคเลศ ผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน และคุณชนินทร์ แสงรุ่งเรือง ที่ให้ความอนุเคราะห์กระบอกดักตะกอนในการทดลองภาคสนาม

ขอขอบคุณ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลกระแสน้ำ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลจากทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ กรมเจ้าท่าที่ให้ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลง และกรมอุตุนิยมวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาบริเวณจังหวัดระยอง

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ทบวงมหาวิทยาลัย และ มูลนิธิฯพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัวและพระนางเจ้ารำไพพรรณี ที่เล็งเห็นถึงคุณประโยชน์ของการวิจัย พร้อมทั้งได้มอบทุนเพื่อสนับสนุนการทำงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ บิดา มารดา และพี่ๆ ที่ให้เงินสนับสนุนในการเล่าเรียน ให้กำลังใจ และช่วยเหลือในทุกๆ ด้านจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา ขอบพระคุณครู อาจารย์ ของข้าพเจ้าทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาสน์วิชาแก่ข้าพเจ้าจนกระทั่งมีวันนี้ และขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนๆ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ โดยเฉพาะคุณฐานนันท์ ประทุมมินทร์ เพื่อนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญรูป..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 32

4 ผลการศึกษา..... 52

5 อภิปรายผลการศึกษา 86

6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 94

รายการอ้างอิง..... 96

ภาคผนวก..... 99

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 121

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ความเร็วกระแสน้ำต่ำสุดสำหรับการเซาะออกของตะกอน และการตกลงมาของตะกอน..... 15

2.2 การจมตัวของตะกอน quartz ขนาดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 20^0 C..... 16

2.3 อัตราเร็วกระแสน้ำแบบต่ำสุด สูงสุด และโดยเฉลี่ย บริเวณห่างฝั่งจังหวัดระยอง ในช่วง 10 ปี..... 29

2.4 ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำบริเวณอ่าวเพ (วันที่ 7-18 มิถุนายน 2535)..... 29

2.5 อัตราเร็วลมเฉลี่ยและสูงสุด และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย จังหวัดระยอง..... 30

4.1 กระแสน้ำช่วงน้ำเกิด (Spring tide) และระดับน้ำในพื้นที่อ้างอิงใกล้เคียง วันที่ 4-5 เมษายน 2544..... 56

4.2 กระแสน้ำช่วงน้ำตาย (Neap tide) และระดับน้ำในพื้นที่อ้างอิงใกล้เคียง วันที่ 21-22 พฤษภาคม 2544..... 57

4.3 กระแสน้ำช่วงน้ำเกิด (Spring tide) และระดับน้ำในพื้นที่อ้างอิงใกล้เคียง วันที่ 21-22 มิถุนายน 2544..... 58

4.4 กระแสน้ำช่วงน้ำตาย (Neap tide) และระดับน้ำในพื้นที่อ้างอิงใกล้เคียง วันที่ 8-9 กันยายน 2544..... 59

4.5 ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย ต่ำสุด และสูงสุด ในรอบวันทำการวัดกระแสน้ำ..... 67

4.6 ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง..... 68

4.7 ข้อมูลความเร็วลม ความสูงคลื่นเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย/วัน ในแต่ละเดือนในช่วงระหว่างทำการศึกษา..... 68

4.8 ขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) และความเร็วกระแสน้ำวิกฤตในบริเวณที่ทำการทดลอง ก่อนวางปะการังเทียม และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง..... 69

4.9 เปรียบเทียบขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) ของตะกอนในกระบอกดักตะกอน และ ตะกอนที่พื้น..... 70

4.10 ขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) ระหว่างเดือน ด้านหรือมุม และก้อน บริเวณพื้นและ จากกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียมทดลอง..... 71

4.11 การพอกตัวของตะกอน (y_{ac}) และความลึกของหลุมกัดเซาะ (y_{sc}) บริเวณฐานของ ปะการังเทียม..... 76

4.12 ความสูงของตะกอนในกระบอกดักตะกอน..... 77
4.13 การจมตัวของปะการังเทียมแต่ละมุม..... 82
4.14 ค่าเฉลี่ยของการพอกตัว การเซาะออก และการจมตัวของปะการังเทียม..... 83
ก.1 การบรรยายเชิงเส้นกราฟ และสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 99
ข.1 ระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากมาตรวัดระดับน้ำ ปี พ.ศ. 2544 บริเวณปากแม่น้ำระยอง..... 100
ค.1 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายบริเวณรอบที่ทำการทดลอง ก่อนวาง ปะการังเทียม..... 101
ค.2 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายบริเวณรอบที่ทำการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง..... 103
ง.1 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียม ในเดือนเมษายน..... 104
ง.2 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียม ในเดือนมิถุนายน..... 105
ง.3 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียม ในเดือนกรกฎาคม..... 106
ง.4 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียม ในเดือนสิงหาคม..... 107
ง.5 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียม ในเดือนกันยายน..... 108
ง.6 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอนรอบ ปะการังเทียมในเดือนเมษายน..... 109
ง.7 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอนรอบ ปะการังเทียมในเดือนมิถุนายน..... 110
ง.8 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอนรอบ ปะการังเทียมในเดือนกรกฎาคม..... 111
ง.9 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอนรอบ ปะการังเทียมในเดือนสิงหาคม..... 112
ง.10 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอนรอบ ปะการังเทียมในเดือนกันยายน..... 113
ฉ.1 แผนการทดลองภาคสนาม..... 120

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำชายฝั่ง.....	8
2.2	ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำ และการเซาะออกของตะกอน (Scour) รอบๆ โครงสร้าง.....	11
2.3	ลักษณะการจมตัวจนกระทั่งฝังตัวของวัตถุที่อยู่บนพื้นท้องทะเล.....	12
2.4	ความสัมพันธ์ของความเร็วกระแสน้ำกับสภาวะการเซาะออก การเคลื่อนตัว และ การตกลงมาของตะกอน.....	15
2.5	การเคลื่อนที่ของมวลน้ำและการเซาะตัวออกของตะกอนทำให้เกิดเป็นหลุมด้านหน้าสิ่งก่อสร้าง.....	17
2.6	ความลึกของการจมตัว และการเกิด Clear-water scour และ Live-bed scour	19
2.7	ลักษณะและการแบ่งเขตชายฝั่ง.....	20
2.8	ลักษณะการเคลื่อนตัวของตะกอนและการเอียงตัวของเสาสะพาน และก้อนปะการังเทียม.....	23
2.9	ลักษณะการเกิดเนินทรายรอบปะการังเทียมรูปทรงต่างๆในถังทดสอบ.....	24
2.10	ปะการังเทียมรูปแบบต่างๆ ในการทดลองเปรียบเทียบอัตราการจมตัว.....	26
2.11	อัตราเร็วกระแสน้ำแบบต่ำสุด สูงสุด และโดยเฉลี่ย บริเวณห่างฝั่งจังหวัดระยอง.....	31
2.12	อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนในช่วง 10 ปี บริเวณจังหวัดระยอง.....	31
3.1	บริเวณที่ทำการศึกษา.....	34
3.2	แสดงตัวอย่างการหาค่า d_{50} จากกราฟ semi - log ระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอน กับเปอร์เซนต์สะสมของตะกอนบนชั้นตะแกรง.....	44
3.3	แสดงลักษณะการวางปะการังเทียมแต่ละก้อน.....	49
3.4	ตำแหน่งขุดตะกอนที่พื้นก่อนและหลังการวางปะการังเทียม และตำแหน่งวางก้อนปะการังเทียม.....	49
3.5	ปะการังเทียมรูปแบบที่ใช้ในการทดลอง และการติดตามข้อมูลภาคสนาม.....	50
3.6	เครื่องวัดกระแสน้ำ.....	51
4.1	กระแสน้ำ และระดับน้ำขึ้นน้ำลงในเดือนเมษายน.....	60
4.2	กระแสน้ำ และระดับน้ำขึ้นน้ำลงในเดือนพฤษภาคม.....	61

4.3	กระแสน้ำ และระดับน้ำขึ้นน้ำลงในเดือนมิถุนายน.....	62
4.4	กระแสน้ำ และระดับน้ำขึ้นน้ำลงในเดือนกันยายน.....	63
4.5	ขนาดตะกอนเฉลี่ยที่ d50 และทิศทางกระแสน้ำประจำถิ่นบริเวณที่ทำการทดลอง..	72
4.6	ขนาดตะกอนเฉลี่ยและการเปลี่ยนแปลงขนาดตะกอนในกระบอกดักตะกอน และที่พื้นรอบก้อนปะการังเทียมในแต่ละเดือน.....	73
4.7	การพอกตัวของตะกอน(+) และการเซาะตัวออกของตะกอน(-) แต่ละมุมของก้อนปะการังเทียม.....	78
4.8	ความสูงตะกอนในกระบอกดักตะกอนแต่ละด้านของก้อนปะการังเทียม.....	79
4.9	ภาพถ่ายลักษณะการจมตัวของปะการังเทียม.....	84
4.10	เส้นกราฟการจมตัว และอัตราการจมตัวของปะการังเทียมเฉลี่ยต่อก้อน.....	85
4.11	การจมตัวแต่ละมุมของก้อนปะการังเทียม.....	86
ข.1	ระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากมาตรวัดระดับน้ำ ปี พ.ศ. 2544 บริเวณปากแม่น้ำระยอง.....	100
ค.1	เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอนสะสมที่พื้น บริเวณรอบที่ทำการทดลอง เปรียบเทียบระหว่างก่อนวางปะการังเทียมและหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง.....	103
ง.1	เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนเมษายน.....	114
ง.2	เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนมิถุนายน.....	115
ง.3	เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนกรกฎาคม.....	116
ง.4	เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนสิงหาคม.....	117
ง.5	เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนกันยายน.....	118
จ.1	เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอนทรายขนาดต่างๆ กับค่ากำลังสองของความเร็วกระแสน้ำที่ทำให้เกิดความเค้นต่อตะกอนทรายที่ทำให้ ตะกอนทรายแต่ละขนาดเริ่มขยับและเคลื่อนที่.....	120

สัญลักษณ์

ตัวย่อ	ความหมาย	หน่วย
ι	แรงจากความเค้นเฉือน	กิโลกรัม.เมตร/ วินาที ^{2}
ρ	แรงจากความเค้นตั้งฉาก	กิโลกรัม.เมตร/ วินาที ^{2}
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	เมตร/ วินาที ^{2}
c	ความเร็วกระแสน้ำ	เมตร/ วินาที
C	ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตะกอน	เมตร/ วินาที
U_m	ความเร็วกระแสน้ำแนวนอนสูงสุด	เมตร/ วินาที
U_{mc}	ความเร็วกระแสน้ำวิกฤต (Critical velocity)	เซนติเมตร/ วินาที
U^*_c	ความเร็วที่ทำให้เกิดความเค้น (Shear velocity)	เซนติเมตร/ วินาที
U^*	ความเร็วกระแสน้ำที่ทำให้เกิดความเค้นต่อวัตถุ	เซนติเมตร/ วินาที
V_x	อัตราเร็วกระแสน้ำในแนวแกนนอน	เซนติเมตร/ วินาที
V_y	อัตราเร็วกระแสน้ำในแนวแกนดิ่ง	เซนติเมตร/ วินาที
V_{av}	อัตราเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย	เซนติเมตร/ วินาที
θ	ทิศทางกระแสน้ำ	องศาเหนือ
T	คาบของคลื่น	วินาที/ รอบ
h	ความสูงตะกอนในกระบอกดักตะกอน	เซนติเมตร
r	รัศมีของปากกระบอกดักตะกอน	เซนติเมตร
H	ระดับความลึกน้ำ	เมตร
R	Hydraulic radius	เมตร
D	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่อยู่ติดกับพื้นทราย	เมตร
d, r	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดอนุภาคตะกอน	มิลลิเมตร
d_{50}	ค่าเฉลี่ยมัธยฐานของขนาดตะกอน	มิลลิเมตร
$\overline{d}$	ขนาดตะกอนเฉลี่ย	มิลลิเมตร
d_i	ขนาดตะกอนที่แต่ละชั้นของตะแกรงแยกขนาดตะกอน	มิลลิเมตร
M_s	น้ำหนักตะกอนบนชั้นตะแกรงแยกตะกอนแต่ละชั้น	กรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

M_t	น้ำหนักตะกอนทั้งหมดที่ชั่งเมื่อเริ่มต้น	กรัม
M	น้ำหนักตะกอน	กรัม
V	ปริมาตรตะกอน	ลูกบาศก์เซนติเมตร
P_i	ปริมาณตะกอนที่แต่ละชั้นตะแกรงแยกขนาดตะกอน	กรัม
ρ	ความหนาแน่นของอนุภาคตะกอน	กรัม/ ลูกบาศก์เซนติเมตร
ρ_o	ความหนาแน่นของน้ำ	กรัม/ ลูกบาศก์เซนติเมตร
n	ค่าสัมประสิทธิ์ลักษณะความหยาบของตะกอน (Manning' s roughness coefficiency)	-
k	สัมประสิทธิ์ของรูปร่าง	-
S_u	ค่าการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนที่ความเร็วกระแสน้ำ ณ เวลาใดๆ	-
S_{uc}	ค่าการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนที่ความเร็วกระแสน้ำวิกฤต	-
KC	Keulegan and Carpenter number	รอบ$^{-1}$
π	เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 22/ 7	-
y_{sc}	ความลึกของหลุมเนื่องจากการเซาะตัวออก (-)	เซนติเมตร
y_{de}	ความสูงของตะกอนในกระบอกดักตะกอน	เซนติเมตร
y_{ac}	การพอกตัวสูงขึ้นมาจากระดับอ้างอิง (+)	เซนติเมตร
y_s	ความลึกของการจมตัวของปะการังเทียม	เซนติเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบันแหล่งทรัพยากรธรรมชาติในทะเลได้ทรุดโทรมลงจนถึงวิกฤต เนื่องจากมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติโดยไม่คำนึงถึงความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น ได้แก่ การใช้เครื่องมือทำการประมงที่เป็นสาเหตุของการทำลายแหล่งเลี้ยงตัวของสัตว์น้ำวัยอ่อน หรือทำให้สัตว์น้ำวัยอ่อนถูกจับ และมีการจับสัตว์น้ำจนเกินขีดความสามารถที่ธรรมชาติจะทดแทนได้ ทำให้แหล่งอาศัยสัตว์น้ำตลอดจนระบบนิเวศน์ทางทะเลเสื่อมโทรมลง จึงเป็นเหตุให้ปริมาณสัตว์น้ำในธรรมชาติลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว และมีผลให้เกิดความขัดแย้งเนื่องจากการแย่งพื้นที่ในการทำการประมงของชาวประมง ดังนั้นจึงได้มีการหาวิธีการต่างๆ เพื่อการฟื้นฟูแหล่งทรัพยากรธรรมชาติหลายวิธี และวิธีการหนึ่งคือ “การจัดสร้างปะการังเทียม” ซึ่งเป็นวิธีการที่แพร่หลายในประเทศไทย

การจัดสร้างปะการังเทียม มีการออกแบบปะการังเทียมโดยใช้วัสดุ และรูปทรงที่แตกต่างกันถึง 68 แบบ ซึ่งวัสดุส่วนใหญ่ที่ใช้ในการสร้างประกอบไปด้วย เหล็ก พลาสติก ไฟเบอร์ เซรามิก หรือคอนกรีต (D’ ITRI, 1986) นอกจากการก่อสร้างโดยใช้วัสดุต่างๆ แล้วยังมีการจมเรือเก่าเพื่อใช้เป็นแหล่งรวมฝูงสัตว์น้ำด้วยในต่างประเทศ การศึกษาและติดตามผลหลังจากการจัดสร้างปะการังเทียม พบว่า การใช้วัสดุจัดสร้างที่มีน้ำหนักมากมักทำให้เกิดการจมตัวในสภาพพื้นท้องทะเลที่เป็นทราย หรือ โคลน (Mathew, 1981 อ้างถึงใน วิชาญ และธานินทร, 2539) ดังนั้นจึงได้มีการทดลองใช้วัสดุอื่นๆ ได้แก่ ยางรถยนต์ ไฟเบอร์ หรือวัสดุโปร่งในการก่อสร้างซึ่งมีน้ำหนักเบาเพื่อลดการจมตัว แต่มีปัญหาการเสื่อมสภาพของยางรถยนต์ทำให้มีสารเคมีซึมออกมาเมื่อทิ้งไว้ในทะเลเป็นระยะเวลานาน ส่วนรูปทรงของปะการังเทียมนั้นมีการประดิษฐ์รูปทรงต่างๆ ได้แก่ รูปทรงแบบท่อ รูปทรงที่เป็นที่อาศัยของกุ้ง รูปทรงหลังเต่า รูปทรงปิรามิด รูปทรงที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ และรูปทรงอื่นๆ การเลือกใช้วัสดุและรูปทรงขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ในหลายประเทศและประเทศไทยบริเวณชายฝั่งทะเล นิยมใช้คอนกรีตรูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัสแบบกลวง (Dice) เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ง่ายต่อการก่อสร้างและการขนย้าย

ประโยชน์ของการจัดสร้างปะการังเทียม คือ ช่วยเพิ่มพูนผลผลิตทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งทางทะเล (Nakamura, 1982) การเพิ่มพื้นที่ในการเลี้ยงตัวของสัตว์น้ำวัยอ่อนตามธรรมชาติ (Nakamura, 1985 อ้างถึงใน วิชาญ และธานินทร, 2539) และเพิ่มพื้นที่ในการทำประมง รวมถึงการฟื้นฟูระบบนิเวศน์ที่เสื่อมโทรมโดยการสร้างระบบนิเวศน์ใหม่ในบริเวณที่มีการจัดสร้างปะการังเทียม (ธานินทร และคณะ, 2542) เพื่อคงความหลากหลายทางชีวภาพทางทะเล ในปีพ.ศ. 2539 จากงานวิจัยของวิชาญ และธานินทร (2539) พบว่า การใช้ปะการังเทียมจะเกิดปัญหาการจมตัวทำให้ปริมาณสัตว์น้ำบริเวณนั้นลดลง ดังนั้นการจัดสร้างปะการังเทียมอาจเป็นการสูญเปล่า ถ้ายังมีการจมตัวต่อไปเรื่อยๆ จนมิดปะการังเทียม เนื่องจากไม่สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหรือที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำได้

การจมตัวของปะการังเทียม จะเริ่มขึ้นตั้งแต่การวางปะการังเทียมลงบนพื้นทรายไม่นานนัก โดยจะเริ่มจากการเกิดหลุมที่พื้นรอบฐานปะการังเทียม แล้วปะการังเทียมก็ค่อยๆ เอียงตัวแล้วจมตัวลง โดยมีอัตราการจมตัวในแต่ละช่วงแตกต่างกันออกไป ในช่วงแรกจะมีอัตราการจมตัวที่เร็วกว่าในช่วงหลัง (Vicharn, 1993) ปัจจัยที่มีผลต่อการจมตัวของปะการังเทียม ได้แก่ ลักษณะของก้อนปะการังเทียม โดยปะการังเทียมที่มีลักษณะทึบจะมีอัตราการจมตัวเร็วกว่าปะการังเทียมที่มีลักษณะโปร่ง (สันติ, 2530; Vicharn, Tanin และ Kimura, 1994) ลักษณะทรายบริเวณที่ทำการทดลอง ถ้าเป็นทรายที่มีความละเอียดมากจะมีความลึกในการจมตัวมากกว่า เนื่องจากค่าความเร็ววิกฤตของกระแสน้ำของตะกอนที่มีขนาดเล็กจะมีค่าต่ำทำให้ตะกอนมีการเคลื่อนที่ได้มากกว่า และเมื่อความเร็วกระแสน้ำมีความแรงมากก็จะทำให้มีความลึกของหลุมเนื่องจากมีการเซาะตัวออกของตะกอนมากขึ้น (Vicharn ,1996) รวมทั้งคลื่นที่มีความแรงมากก็จะทำให้มีการจมตัวของปะการังเทียมมากขึ้น นอกจากนั้นพื้นที่ที่ปะทะกับกระแสน้ำของปะการังเทียมรูปทรงต่างๆ ก็มีผลต่อการจมตัวด้วย กล่าวคือถ้าพื้นที่ที่ปะทะกับกระแสน้ำและคลื่นของปะการังเทียมมาก จะทำให้ความลึกของการจมตัวของปะการังเทียมมากขึ้นตามไปด้วย

ในการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ขบวนการหลักที่เป็นสาเหตุของการจมตัวของปะการังเทียมในสภาพพื้นที่เป็นโคลน คือน้ำหนักของก้อนปะการังเทียม แรงรับของพื้นทะเลจากการเกาะตัวกันของอนุภาคดินของตะกอนพื้นทะเล และความกดดันรอบๆ ก้อนปะการังเทียม (Nakamura, 1982 อ้างถึงใน วิชาญ และคณะ 2543) และสำหรับสภาพพื้นที่เป็นทราย การจมตัวของปะการังเทียมมีสาเหตุมาจากการเกิดหลุมเนื่องจากการเซาะตัวออกของตะกอน จึงทำให้ปะการังเทียมมีการเอียงตัวไปทางด้านที่เกิดหลุม จนกระทั่งเกิดการจมตัวลงไปในพื้นทราย แต่จากปรากฏการณ์ในการเซาะตัวและการพอกตัวของตะกอนรอบสิ่งปลูกสร้างใดๆ ในทะเล จึงทำให้สงสัยว่าอาจจะมีการ

พอกตัวเกิดขึ้น และอาจมีการตกตะกอนของตะกอนแขวนลอยเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งถ้ามีการพอกของตะกอนไปเรื่อยๆ จนมิดก้อนปะการังเทียม เป็นสาเหตุที่ทำให้การก่อสร้างปะการังเทียมนั้นสูญเปล่า

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึง ลักษณะและรูปแบบการจมตัวของปะการังเทียม ควบคู่กับลักษณะของการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายที่อยู่โดยรอบปะการังเทียม และได้ศึกษาถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการจมตัวด้วย

การทดลองในครั้งนี้ได้ใช้กระบอกดักตะกอนในการพิจารณาถึงการตกตะกอนรอบก้อนปะการังเทียม ประกอบกับศึกษาการเคลื่อนตัวเข้าและออกของทรายรอบก้อนปะการังเทียม โดยพิจารณาที่ความเร็วกระแสน้ำวิกฤตในการเคลื่อนตัวและขนาดตะกอนเฉลี่ย ซึ่งขนาดตะกอนเฉลี่ยจะใช้การคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยมัธยฐานของตะกอน (d_{50}) ความสูงของการพอกตัวและความลึกของการเซาะตัวออกของตะกอน และได้พิจารณาถึงสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นปัจจัยต่อการจมตัวของปะการังเทียมด้วย สำหรับการวัดการจมตัวของปะการังเทียม วัดจากระดับเชือกที่ผูกติดกับเสาอ้างอิง ซึ่งการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาเพื่อหาบริเวณที่มีศักยภาพในการวางปะการังเทียมให้เกิดประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษารูปแบบการจมตัวของปะการังเทียมรูปแบบที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ (Abalone reef) บริเวณเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง ในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

2. ศึกษาความเร็วกระแสน้ำ ขนาดตะกอน และการเคลื่อนที่เข้าและออกของตะกอนเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับการทับถมของตะกอนบริเวณฐานของปะการังเทียมรูปแบบที่ใช้เลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาลักษณะและรูปแบบการจมตัวของปะการังเทียม
2. ศึกษาปัจจัยทางสภาพแวดล้อมกายภาพทางทะเล ที่เกี่ยวข้องกับการจมตัวของปะการังเทียม
3. ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของตะกอนรอบปะการังเทียม
4. เพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจมตัวของปะการังเทียม

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปะการังเทียม

2.1.1 ที่มาและวัตถุประสงค์ในการจัดสร้าง

ปัจจุบันพบว่าแหล่งอาศัยของสัตว์ทะเลถูกทำลายไปจำนวนมาก จากสาเหตุต่างๆ ได้แก่ การนำอวนลากเข้ามาพัฒนาใช้ในประเทศไทยในปีพ.ศ.2503 เป็นต้นมา ทำให้เกิดการพัฒนาการจับสัตว์น้ำด้วยเครื่องมือประมงที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้สัตว์น้ำหน้าดินจึงถูกจับขึ้นมาในปริมาณที่เกินกว่าศักยภาพในการผลิตตามธรรมชาติ การทำประมงเกินขอบเขตของกฎหมาย การขยายขอบเขตการทำประมง เนื่องจากการขยายเขตเศรษฐกิจจำเพาะ 200 ไมล์ทะเลของประเทศเพื่อนบ้าน (สันติ, 2530) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เครื่องมืออวนรุนซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในเขตน้ำตื้นบริเวณชายฝั่งในรัศมี 3 กิโลเมตรจากชายฝั่ง ที่ประกอบด้วยอวนซึ่งมีขนาดตาอวนถี่ขึ้น ทำให้กุ้งและปลาวัยอ่อนถูกจับขึ้นมาก่อนที่จะเติบโตเต็มที่ (สำราญ และสุรพล, 2519)

การแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้มีการดำเนินการหลายวิธี ซึ่งวิธีหนึ่งคือ การจัดสร้างแหล่งอาศัยสัตว์ทะเล ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มพื้นที่ในการทำประมง และฟื้นฟูระบบนิเวศน์ชายฝั่งทะเล

จากการศึกษาของ ธานินทร และคณะ (2542) เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณก้อนปะการังเทียมในประเทศไทย ได้ใช้ปะการังเทียมรูปแบบที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อ พบว่าสัปดาห์แรกมีการรวมฝูงของปลาและมีสาหร่ายขนาดเล็กขึ้นเล็กน้อย เมื่อผ่านไป 1 เดือนพบสาหร่าย *Padina japonoca* ตัวอ่อนเพรียงหิน และหอยหลายชนิด เมื่อผ่านไป 3 เดือนพบสาหร่ายขนาดใหญ่ขึ้นและมากชนิดขึ้น เช่น สาหร่าย *Cladophora* sp. และ *Gracilaria salicornia* ขนาดเล็ก และปลิงทะเล เมื่อผ่านไป 4-6 เดือนมีการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล พบว่าสาหร่าย *P. japonoca* เริ่มตาย แต่เริ่มมีปะการังอ่อนเคลือบที่ผิว และยังมีสาหร่ายชนิดอื่นมาเกาะ ได้แก่ *Acanthophora spicifera* จำนวนมาก และ *Amphiroa fragillissima* ในบางครั้งยังพบหมึก

กระดองมาติดบ้าง เมื่อผ่านไป 7-12 เดือนยังคงพบสาหร่าย *A. spicifera* และสาหร่ายอื่นที่พบคือ *Neomeris vanbosseae* และ *Sargassum polycystum* หอยนางรม และหอยกระจก

นอกจากวัตถุประสงค์ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีวัตถุประสงค์อื่นในการจัดสร้างอีกคือ ให้เป็นที่รวมฝูงสัตว์น้ำสำหรับทำการประมง (Hurme, 1979) ใช้เป็นสถานที่เล่นกีฬาตกปลา ให้เป็นที่ยึดเกาะของตัวอ่อนปะการัง หรือใช้เป็นที่กำบังคลื่นเพื่อป้องกันการกัดเซาะของชายฝั่ง (D' ITRI, 1986)

2.1.2 **วัสดุที่ใช้ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น**

ปะการังเทียม (Artificial reef) เป็นชื่อเรียกของแหล่งอาศัยสัตว์ทะเลประเภทหนึ่ง โดยริเริ่มจากความคิดที่ต้องการให้ปะการังเทียมเป็นที่เพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำ เนื่องจากการสังเกตเห็นปลาในธรรมชาติมักอาศัยอยู่บริเวณโขดหิน บริเวณภายในและรอบๆ เรือที่จมอยู่ใต้น้ำ เพื่อหาที่กำบังตัวจากศัตรู และยังมีการชุมนุมกันของฝูงปลา เนื่องจากเป็นบริเวณที่เป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำจากการซัดของน้ำที่อยู่รอบโขดหิน ทำให้แพลงตอนลอยขึ้นมาในบริเวณนี้ (สันติ, 2530)

ปะการังเทียมเปรียบได้กับกองหินใต้น้ำทำให้เกิดปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของน้ำรอบโครงสร้างต่างๆ ได้แก่ Groins, Jetties และ Breakwater ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านี้ทำให้มีการรวมฝูงของสัตว์น้ำ และยังทำให้มีการเกิดการเปลี่ยนแปลงแทนที่ (Succession) บนก้อนปะการังเทียม เริ่มจากการเกิดแบคทีเรีย และไดอะตอมไปเกาะที่ก้อนปะการังเทียม หลังจากนั้นจึงมีฟองน้ำเพรียง และสาหร่ายมาเกาะในช่วงเวลาต่อมาซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นอาหารของปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลายชนิด (Hurme, 1979)

Hurme (1979) พบว่า การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตบนก้อนปะการังเทียมขึ้นอยู่กับปัจจัยของคลื่นและความลึกน้ำด้วย และจะถึงจุดสูงสุด (Climax) หลังจากการจัดสร้างปะการังเทียมไปแล้วประมาณ 3-5 ปี

การสร้างแหล่งอาศัยสัตว์ทะเลมีมานานกว่า 100 ปี ได้แก่ การทิ้งซากหม้อไหแตก และการทิ้งวัสดุอื่นให้จมลงไปในทะเลของชาวประมง และการจมเรือรบเก่าๆ เพื่อล่อให้ฝูงปลาเข้ามาอยู่ การก่อสร้างปะการังเทียมในประเทศต่างๆ พบว่ามีการใช้วัสดุ ได้แก่ ยางรถยนต์ หิน ไม้ เหล็ก พลาสติก ไฟเบอร์ เซรามิก และ คอนกรีต ในประเทศต่างๆ นิยมใช้เหล็กเป็นวัตถุดิบในการทำ

ปะการังเทียมเนื่องจากง่ายกับการประดิษฐ์ให้เป็นรูปทรงต่างๆ สำหรับรูปทรงของปะการังเทียมมีการประดิษฐ์รูปแบบต่างๆ มากถึง 68 รูปแบบ (D' ITRI, 1986)

2.1.3 การติดตามผลหลังการจัดสร้างปะการังเทียม

โดยทั่วไปในการจัดสร้างปะการังเทียม มักจัดสร้างบริเวณน้ำตื้นที่มีความลึกน้ำประมาณ 2 - 100 เมตร สำหรับในประเทศไทยจะจัดสร้างบริเวณชายฝั่งที่มีความลึกน้ำ 4 - 18 เมตร วัสดุที่ใช้ในการจัดสร้างเป็นคอนกรีตบล็อกสี่เหลี่ยมที่มีขนาดเป็น 1 x 1 x 1 ลูกบาศก์เมตร ขนาด 1.5 x 1.5 x 1.5 ลูกบาศก์เมตร และขนาด 2 x 2 x 2 ลูกบาศก์เมตร ในบริเวณชายฝั่งทะเลของทุกจังหวัดทั่วประเทศ ได้แก่ ระยอง จันทบุรี นครศรีธรรมราช สงขลา พังงา ภูเก็ต สตูล ปัตตานี เพชรบุรี ชลบุรี และตราด เป็นต้น (สันติ, 2530)

เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนจัดสร้างปะการังเทียม จึงได้มีการติดตามผลหลังจากการจัดสร้างปะการังเทียม ทำให้พบว่าปัญหาที่สำคัญที่เกิดขึ้นหลังจากการจัดสร้างปะการังเทียม คือ การจมตัวของปะการังเทียม โดยที่ในบริเวณจัดสร้างที่เป็นพื้นโคลนจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจมตัว ได้แก่ น้ำหนักของก้อนปะการังเทียม ความแน่นของดิน การเกาะตัวของดิน แรงดันน้ำที่อยู่รอบก้อนปะการังเทียม (Nakamura, 1982 อ้างถึงใน วิชาญ และคณะ 2543) และบริเวณจัดสร้างที่เป็นทรายจะมีการเซาะตัวออกของตะกอนทรายที่พื้น เกิดเป็นหลุมบริเวณมุมของก้อนปะการังเทียม ทำให้มีการเอียงตัวของก้อนปะการังเทียมทางด้านที่ปะทะกับกระแสน้ำ แล้วเกิดการจมตัวของปะการังเทียมลงระดับพื้นทะเลเมื่อเริ่มวางปะการังเทียมในที่สุด ซึ่งขบวนการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การเคลื่อนตัวของตะกอนทราย ทิศทางของกระแสน้ำที่มาปะทะกับก้อนปะการังเทียม (Vicharn, 1993) นอกจากอิทธิพลของกระแสน้ำแล้ว ยังมีอิทธิพลของคลื่นเข้ามาเกี่ยวข้องกับการจมตัวของปะการังเทียมด้วย (Vicharn, Kimura และ Ban, 1999)

2.2. อุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยาทางทะเล

กระแสน้ำก่อให้เกิดแรงที่ทำให้ปะการังเทียมเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการเซาะตัวออกและการทับถมของตะกอน ทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักวัสดุของพื้นทะเลลดลง จะมีความเร็วกระแสน้ำสูงสุดจึงทำให้มีการเซาะตัวออกของตะกอนมาก ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเร็วกระแสน้ำ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้นน้ำลง ความเร็วและทิศทางลม คลื่น และความแตกต่างความหนาแน่นของน้ำ โดยที่ความเร็วเริ่มต้นของกระแสน้ำจะมีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคลื่นและน้ำขึ้นน้ำลงมีดังนี้ (หมั่น, 2529)

2.2.1 **คลื่น** (Wave)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดคลื่น ได้แก่ ลม แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินใต้น้ำถล่ม แรงดึงดูดของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศ ความแตกต่างความหนาแน่นของน้ำชั้นบนและชั้นล่าง และความขรุขระของพื้นท้องทะเล โดยมากการพัดของลมทำให้ในบริเวณนั้นเกิดคลื่นปั่นป่วน แต่บริเวณที่ห่างออกมาจะเกิดคลื่นที่มีความเป็นระเบียบมากขึ้น ความสูงคลื่นลดลง และเคลื่อนที่ไปด้วยความอิสระโดยไม่มีอิทธิพลของลมมาเกี่ยวข้อง เรียกว่า Swell จนกระทั่งเคลื่อนที่ไปยังบริเวณชายฝั่งน้ำตื้นจึงสลายตัว ส่วนหนึ่งไหลแยกไปตามชายฝั่ง (Longshore current) และอีกส่วนหนึ่งไหลมุดกลับออกสู่ทะเลในระดับใกล้พื้นทะเลและบางส่วนไหลออกไปตลอดความลึกน้ำ เรียกว่า Rip current ดังรูปที่ 2.1 (ก) แต่ในช่วงที่ถัดออกไปจากบริเวณ Surf zone การเคลื่อนที่ของ Rip current จะมีการไหลแบบมุดออกทะเลในระดับใกล้พื้นทะเล ลักษณะของคลื่นแบบ Surf จะเริ่มเปลี่ยนแปลงที่ระดับความลึกน้ำลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ทำให้ความยาวและความสูงคลื่นเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับลมและคลื่นเนื่องจากการถ่ายทอดพลังงานของคลื่น และอิทธิพลของคลื่นยังทำให้น้ำมีลักษณะการเคลื่อนที่ เนื่องจากความแตกต่างของความดันทำให้เกิดน้ำหมุนกลับขนาดเล็ก (Eddy) เหนือผิวน้ำในช่วงระหว่างยอดคลื่นทำให้น้ำบริเวณผิวหน้าเคลื่อนที่เป็นวงกลมดังรูปที่ 2.1(ข) ความเร็วกระแสน้ำเนื่องจากอิทธิพลของคลื่นเป็นดังนี้

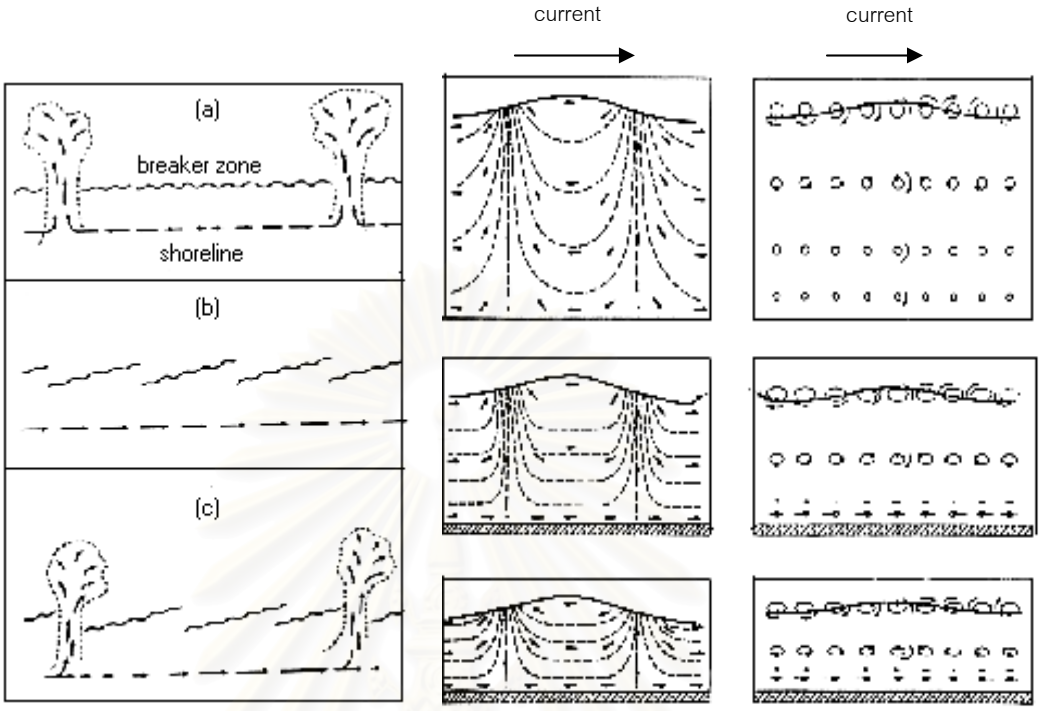
$$c = \sqrt{gH}$$

โดยที่ c แทน ความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/ วินาที)

g แทน ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตร/ วินาที ^{2})

H แทน ระดับความลึกน้ำ (เมตร)

บริเวณชายฝั่งซึ่งความลึกน้ำน้อยลง ทำให้คลื่นที่เคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณนี้มีความยาวคลื่นสั้นลง ความสูงคลื่นมากขึ้น ความเร็วคลื่นลดลง และทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำถูกบีบเป็นวงรี และลดลงตามความลึก จนกระทั่งเป็นเส้นตรงที่ท้องน้ำ ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำบริเวณพื้นทะเลเคลื่อนที่แบบไปและกลับในแนวราบ ดังรูปที่ 2.1(ข) และความเร็วที่ผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามคาบของคลื่น และความลึกน้ำที่เพิ่มขึ้น และสำหรับคลื่นที่ซัดเข้าหาฝั่งจะไม่ทำให้น้ำหมุนเป็นวงรี แต่จะเคลื่อนในแนวราบเท่านั้น



(ก) (ข)

รูปที่ 2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำชายฝั่ง

(ก) การเคลื่อนที่ของน้ำชายฝั่งที่ระดับผิวน้ำ

(ข) การเคลื่อนที่ของน้ำเนื่องจากคลื่นในแนวดิ่ง ตามความลึกของระดับน้ำแต่ละบริเวณ (Beer, 1983)

2.2.2 **น้ำขึ้นน้ำลง** (Tide)

จัดเป็นคลื่นควบคุมชนิดหนึ่งซึ่งมีอิทธิพลมาจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความสูงของระดับน้ำเพิ่มขึ้นและลดลงในช่วงวัน โดยจะมีพิสัยของน้ำขึ้นน้ำลง (ความแตกต่างของระดับน้ำเมื่อน้ำขึ้นสูงสุดและระดับน้ำเมื่อน้ำลงต่ำสุด) มากที่สุดในวันขึ้นและแรม 15 ค่ำ ซึ่งเรียกว่า “ช่วงน้ำเกิด (Spring tide)” และพิสัยของน้ำขึ้นน้ำลงน้อยที่สุดในวันขึ้นและแรม 8 ค่ำ ซึ่งเรียกว่า “ช่วงน้ำตาย (Neap tide)” และบริเวณชายฝั่งซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวของชายฝั่งไม่สม่ำเสมอประกอบกับอิทธิพลของแรงเสมือน ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำมีการเบนออกและมีความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการขึ้นลงของน้ำในแต่ละบริเวณจึงแตกต่างกันออกไป ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ น้ำขึ้นน้ำลงวันละ 1 ครั้งในรอบ 1 วัน (Diurnal tide : น้ำ

เดี่ยว) น้ำขึ้นน้ำลงวันละ 2 ครั้ง ในรอบ 1 วัน (Semidiurnal tide : น้ำคู่) และน้ำขึ้นน้ำลงแบบที่ 1 ผสมกับ แบบที่ 2 (Mixed tide : น้ำผสม) กระแสน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง เรียกว่า กระแสน้ำขึ้นน้ำลง มีความเร็วเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มพิสัยของน้ำขึ้นน้ำลง ดังนั้นในช่วงน้ำเกิดกระแสน้ำจะมีความเร็วมาก และในช่วงน้ำตายกระแสน้ำจะมีความเร็วน้อย และในบริเวณชายฝั่งกระแสน้ำน้ำขึ้นน้ำลงจะทำให้น้ำมีทิศทางการไหลสวนทางกันแบบเคลื่อนที่เข้าและออกจากฝั่ง (Flood-ebb) และมีความเร็วกระแสน้ำสูงกว่าบริเวณทะเลเปิด นอกจากนี้กระแสน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณชายฝั่งจะได้รับอิทธิพลของการเคลื่อนตัวของลมซึ่งเหนี่ยวนำให้เกิดคลื่น และอิทธิพลของคลื่นภายในทำให้เกิดการแขวนลอยของตะกอนและธาตุอาหารขึ้นมาจากพื้นท้องทะเล

2.3 สภาวะและลักษณะการเปลี่ยนแปลงตะกอนในทะเล

การศึกษาลักษณะตามธรรมชาติของตะกอน ได้แก่การศึกษาที่มาของตะกอนและประเภทของตะกอน การเคลื่อนย้ายตัวของตะกอน และการทับถมของตะกอน โดย วีระพล (2539) ได้กล่าวถึงประเภทของตะกอนตะกอนวัสดุท้องน้ำที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการจมตัว ได้แก่

1) ตะกอนที่มีขนาดเท่ากับหรือโตกว่า 0.0625 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดของทราย (sand)
2) ตะกอนทรายประเภท silt

การเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนในธรรมชาติมีความยุ่งยากและสับสน เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในการแบ่งลักษณะของการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอน แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1) <u>การเคลื่อนย้ายตัวแบบการแขวนลอย</u> (Suspension)

ตะกอนที่มีการเคลื่อนที่ในแบบนี้เป็นตะกอนที่มีขนาดเล็ก โดยจะแขวนลอยอยู่ในน้ำ และถูกพยุงด้วยกระแสน้ำที่ไหลขึ้นจากการไหลแบบปั่นป่วน และจะแขวนลอยไปกับน้ำเป็นเวลานาน

2) <u>การเคลื่อนย้ายแบบสัมผัส</u> (Contact)

ตะกอนที่เคลื่อนที่แบบนี้เป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ และเคลื่อนที่ด้วยแรง traction forces

3) การเคลื่อนย้ายแบบกระโดด (Saltation)

ตะกอนที่เคลื่อนที่แบบนี้มีขนาดใหญ่กว่าตะกอนแขวนลอย แต่จะมีขนาดเล็กกว่าตะกอนที่เคลื่อนที่แบบสัมผัสไปกับน้ำ ซึ่งตะกอนประเภทนี้ที่ไม่มีความสำคัญทางอุทกวิทยา

Sheng (2000) กล่าวว่าสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่มีความเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนมี 2 ระดับ ได้แก่ Large-scale physical environment และ Small-scale physical environment ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) Large-scale physical environment

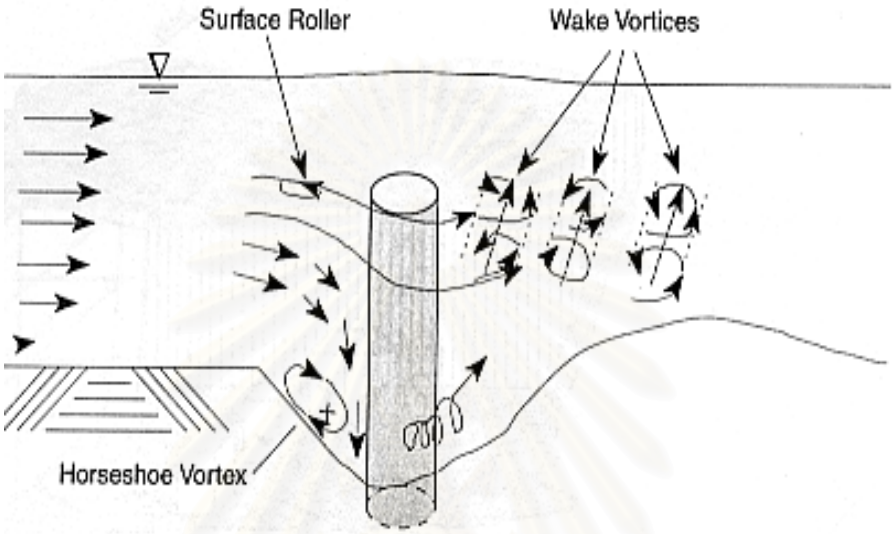
มีขบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ การหมุนเวียนของกระแสน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal circulation) การหมุนเวียนน้ำตามการไหลของลม (Wind-driven circulation) การหมุนเวียนน้ำเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นของน้ำ การเคลื่อนที่ของระลอกคลื่นออกไปในระยะทางไกลๆ การเคลื่อนที่ของน้ำเนื่องจากคลื่นลมประจำถิ่น กระแสน้ำและคลื่นเนื่องจากคลื่นใต้น้ำขนาดใหญ่ (Tsunami) และการเกิดพายุเฮอริเคน ตลอดจนลักษณะตะกอน ขบวนการเคลื่อนย้ายตัวและการเคลื่อนที่ของตะกอนที่พื้นท้องทะเล

2) Small-scale physical environment

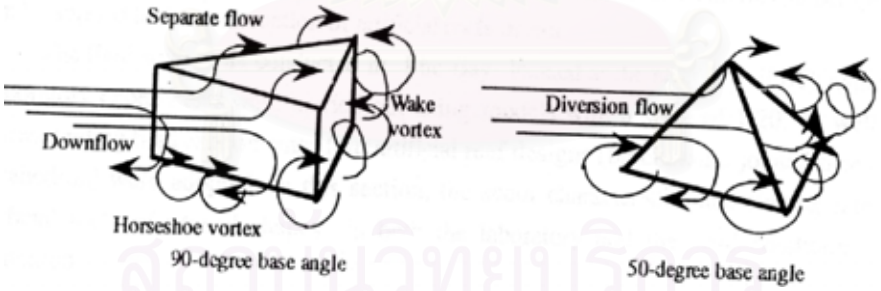
ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ภูมิอากาศในท้องถิ่น และสิ่งแวดล้อมทางกายภาพระดับมหภาค ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำและตะกอนที่ล้อมรอบอยู่ในแนวดิ่ง ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างในทะเล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.1 การเคลื่อนที่ของมวลน้ำและตะกอนรอบสิ่งปลูกสร้าง



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำ และการเซาะออกของตะกอน (Scour) รอบๆ โครงสร้าง

(ก) รูปทรงกระบอกตรง (Sheng, 2000)

(ข) รูปทรงปีรามิด (Dargahi, 1990 อ้างถึงใน Vicharn, 1996)

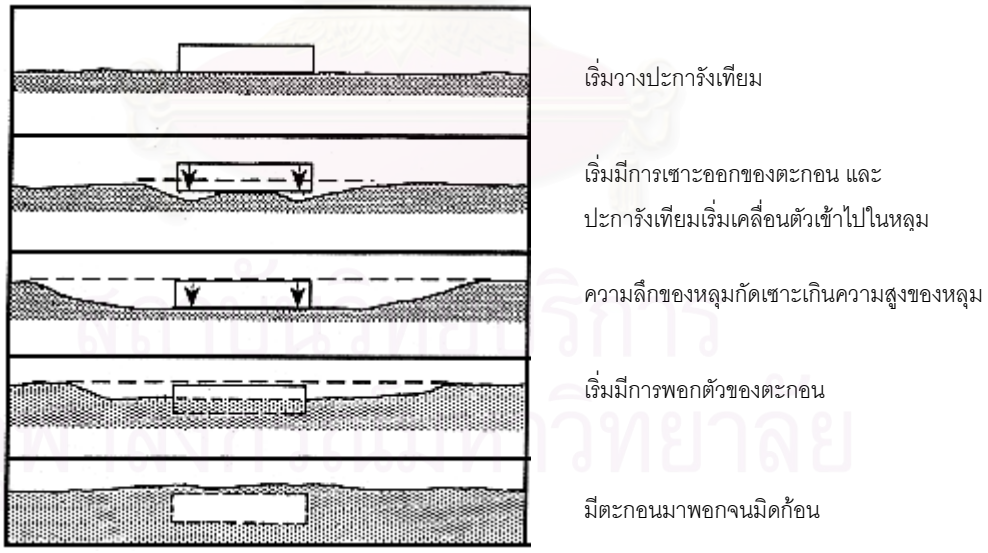
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเคลื่อนที่ของน้ำประจำถิ่นแบบตั้งขึ้นในแนวดิ่ง (Local upwelling)

เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำเมื่อมีการก่อสร้างโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ ทำให้เกิดกระแสน้ำซ้อนขึ้นในแนวดิ่ง (Upwell) ขนาดใหญ่ คล้ายกับบริเวณที่เกิดคลื่นหัวแตก (Surf zone) ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำในแนวดิ่งมีความโดดเด่นเท่ากับการเคลื่อนที่ของน้ำในแนวนอน กระแสน้ำในแนวดิ่งจะมีความเร็วเท่ากับความเร็วกระแสน้ำในแนวนอน ซึ่งการเคลื่อนของกระแสน้ำและมวลน้ำในแนวดิ่งจะทำให้ตะกอนและอาหารที่พื้นขึ้นไปอยู่บนผิวน้ำแล้วทำให้ปลามารวมฝูงกันในบริเวณนี้

การเซาะออก และการแขวนลอยของตะกอน (Sediment resuspension/ Scouring)

เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำบริเวณที่มีชายฝั่งที่มีก่อสร้างปะการังเทียมขนาดใหญ่ ทำให้กระแสน้ำไหลลงตรงบริเวณที่ติดกับปะการังเทียมแล้วไหลขึ้นไปทางข้างๆ โดยมีการเคลื่อนของน้ำแบบหมุนวนเป็นรูปเกือกม้า (Horseshoe vortex) ดังรูปที่ 2.2 ทำให้เกิดตะกอนแขวนลอยขึ้นมาหรือมีการเซาะตัวออกของตะกอนที่พื้นรอบๆ ฐานปะการังเทียมแล้วเคลื่อนตัวขึ้นมาด้านหลังของปะการังเทียม เมื่อกระแสน้ำอ่อนตัวตะกอนก็ตกลงมาทับถมในบริเวณนั้น ซึ่งในธรรมชาติมีกระแสน้ำที่เคลื่อนที่มาจากทุกทิศทุกทาง จึงทำให้สิ่งปลูกสร้างถูกฝังอยู่ใต้พื้นในที่สุด (Tian, 1994)



รูปที่ 2.3 ลักษณะการจมตัวจนกระทั่งฝังตัวของวัตถุที่อยู่บนพื้นท้องทะเล

<u>บริเวณน้ำนิ่ง</u> (Wake zone)

เกิดจากการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำไปปะทะกับก้อนปะการังเทียม ที่จัดสร้างบริเวณน้ำตื้น ทำให้เกิดเป็นบริเวณร่องน้ำหมุนวนภายในของกลุ่มปะการังเทียม ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำนิ่งกว่าบริเวณรอบปะการังเทียม จึงมีสัตว์น้ำมาอาศัยอยู่ในบริเวณนี้มาก และพบว่าบริเวณนี้มีตะกอนตกลงมาทับถม ดังนั้นบริเวณนี้จึงเป็นแหล่งอาหาร ที่ฟักตัวอ่อน และที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ บริเวณรอบปะการังเทียมมีความปั่นป่วนของน้ำ ซึ่งความปั่นป่วนของน้ำที่เกิดขึ้นนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของปะการังเทียม และความเร็วกระแสน้ำ และทำให้มีการทับถมของตะกอนบริเวณด้านหลังของปะการังเทียม ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าตะกอนที่อยู่ด้านที่ปะทะกระแสน้ำ

2.3.2 **การเคลื่อนที่ของตะกอน** (Sediment transport)

Schwartz (1982) กล่าวว่า ความสามารถในการเคลื่อนตะกอนขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง และมวลของอนุภาค ก่อนที่ตะกอนซึ่งจมตัวอยู่จะสามารถเคลื่อนที่ได้ ต้องมีการแยกตัวจากตะกอนที่อยู่ติดกันเสียก่อน โดยอาศัยคลื่น กระแสน้ำ หรือลมที่สามารถเอาชนะแรงโน้มถ่วงและแรงเสียดทาน และพยุงน้ำหนักของอนุภาคให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ ตะกอนแขวนลอยจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเดียวกันกับที่ความเร็วน้ำที่พาตะกอนไป ด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วกระแสน้ำที่ทำให้ตะกอนเริ่มเคลื่อนที่ได้ ซึ่งความเร็วกระแสน้ำที่จะทำให้ตะกอนเริ่มเคลื่อนที่ได้นั้นต้องมีความเร็วถึงขีดเริ่ม หรือ ความเร็วกระแสน้ำวิกฤต ในการเคลื่อนที่จึงจะทำให้ตะกอนเริ่มเคลื่อนที่ได้ ความเร็ววิกฤตคำนวณจากสูตรดังนี้ (Vicharn, 1993)

$$U_{mc} = \frac{R^{1/6}.\ U_c^*}{g^{1/2}.n}$$

โดยที่ U_{mc} = ความเร็วกระแสน้ำวิกฤต (Critical velocity)

U_c^* = ความเร็วกระแสน้ำที่ทำให้เกิดความเค้นต่อวัตถุ (Shear velocity)

R = hydraulic radius

n = ค่าสัมประสิทธิ์ลักษณะความหยาบของตะกอน (Manning' s roughness coefficiency)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ค่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤตหาได้จาก เส้นกราฟความสัมพันธ์ของขนาดตะกอน และความเร็วที่ทำให้เกิดความเค้นที่ขีดเริ่มของการเคลื่อนที่ของตะกอนจากการศึกษาของ Iwagaki (1956) และ Kurihara (1964) อ้างถึงใน Vicharn (1993) ในภาคผนวก จ ดังนั้นการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนของพื้นท้องทะเลในแต่ละบริเวณจึงขึ้นอยู่กับขนาดของตะกอนพื้นท้องทะเลในบริเวณนั้น

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตะกอน เกิดจากความเค้นกับอนุภาคบริเวณพื้นท้องน้ำซึ่งประกอบไปด้วยแรงจากความเค้นเฉือน (ι) และแรงจากความเค้นตั้งฉาก (ρ) ในเทอมของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในรูปของอัตราส่วนของค่า ι และ ρ โดยที่แรงของความเค้นเฉือนเป็นแรงยึดเกาะระหว่างอนุภาคที่ติดกัน ซึ่งต้านการเคลื่อนตัวออกจากกัน และ ι/ρ เป็นแรงที่กระทำต่อตะกอน กับ ตัวตะกอน ในการเคลื่อนที่ของตะกอนจะเริ่มต้นจากการกลิ้งหรือไถลไปพร้อมกับน้ำเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของน้ำเพิ่มขึ้นจากกฎของ Airy (1845) อ้างถึงใน Bagnold (1963) โดยการกลิ้งไปเป็นแนวเส้นตรงบริเวณพื้นท้องน้ำด้วยความเร็ว c จากการแทนค่าในสูตร " กำลังสองของความเร็ว" ดังนี้

$$C^2/gd = k\left(\left[\rho - \rho_o\right] - 1\right)$$

โดยที่ d = เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคตะกอน

C = ความเร็วในการเคลื่อนที่ของตะกอน

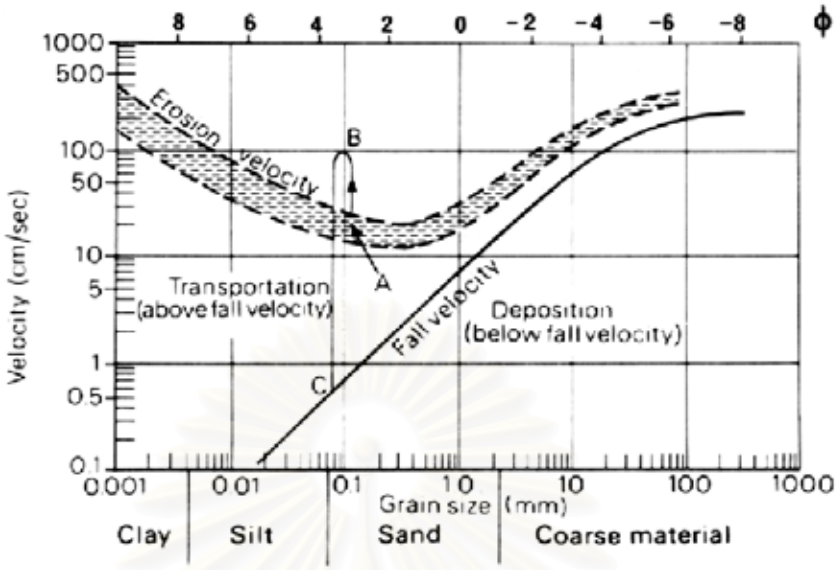
ρ = ความหนาแน่นของอนุภาคตะกอน

ρ_o = ความหนาแน่นของน้ำ

k = สัมประสิทธิ์ของรูปร่าง

g = แรงโน้มถ่วงของโลก

สำหรับตะกอนที่มีขนาดใหญ่ความเร็วกระแสน้ำที่มีค่าน้อยกว่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤตตะกอนจะไม่เคลื่อนตัว แต่ถ้าตะกอนบริเวณพื้นท้องทะเล มีขนาดเล็กกระแสน้ำความเร็วกระแสน้ำมากกว่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤต ก็จะทำให้ตะกอนอยู่ในสภาพที่แขวนลอยอยู่ และเมื่อความเร็วกระแสน้ำลดลงจนมีความเร็วน้อยกว่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤตก็จะทำให้ตะกอนนั้นตกลงมาทับถมอยู่บริเวณพื้นท้องทะเลอีกครั้ง ดังรูปที่ 2.4 (Beer, 1983)



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของความเร็วกระแสน้ำกับสภาวะการเซาะออก การเคลื่อนตัว และการตกลงมาของตะกอนของ (Hjulstrom อ้างถึงใน Beer, 1983)

ความเร็วกระแสน้ำต่ำสุดที่ทำให้ตะกอนถูกเซาะออก และการตกลงมาขึ้นอยู่กับขนาดตะกอน ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความเร็วกระแสน้ำต่ำสุดสำหรับการเซาะออกของตะกอน และการตกลงมาของตะกอน (Kuenen, 1950)

ขนาด (มิลลิเมตร)	ความเร็วที่ทำให้ตะกอนถูกเซาะออก (เซนติเมตร/ วินาที)	ความเร็วในการตกตะกอน (เซนติเมตร/ วินาที)
10	100 – 150	70
5	50 – 100	40
1	15 – 25	8
0.5	12 – 22	4
0.1	15 – 30	0.7
0.01	50 – 100	น้อยกว่า 0.1
0.001	200 - 400	น้อยกว่า 0.1

การคำนวณหาความเร็วในการตกตะกอนลงมา (Settle) จะคำนวณโดยใช้กฎของ Stokes ดังสูตรข้างล่าง

$$v = C \times r^2$$

โดยที่ v = ความเร็วกระแสน้ำ

C = ค่าคงที่

r = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตะกอน

การจมตัวของตะกอนขึ้นอยู่กับความถ่วงจำเพาะ และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอน หรือ ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น และความหนืดของน้ำทะเล ซึ่งความหนืดของน้ำจะทำให้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่จมตัวได้เร็ว และตะกอนที่มีขนาดเล็กจะจมตัวช้ากว่า ความหนืดของน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ ดังนั้นในการระบุความสัมพันธ์ของความเร็วกระแสน้ำกับการจมตัวของตะกอน จึงต้องระบุชนิดของตะกอนและอุณหภูมิด้วย ในตารางที่ 2.2 เป็นตัวอย่างอัตราการจมตัว และระยะเวลาในการจมตัวของตะกอน quartz ขนาดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 20^0 C

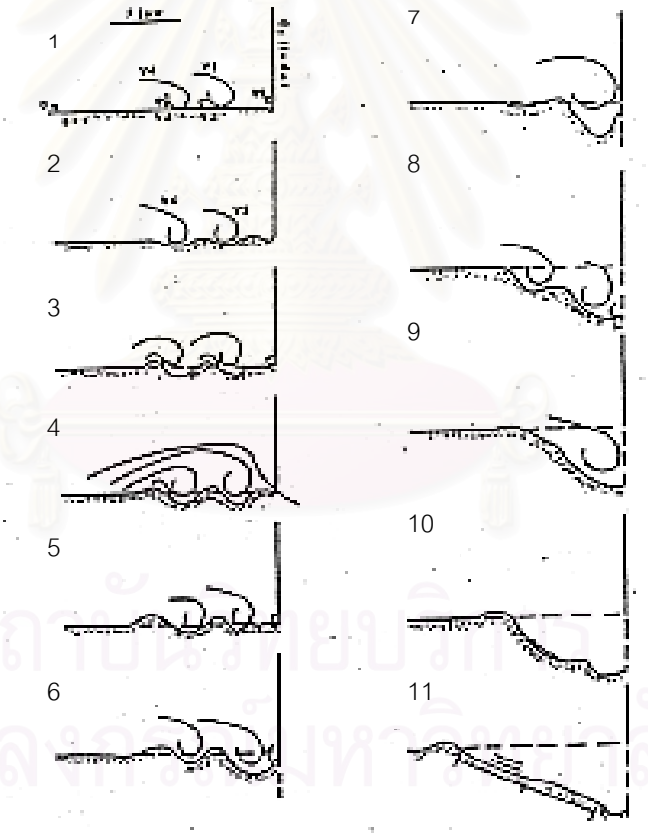
ตารางที่ 2.2 การจมตัวของตะกอน quartz ขนาดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 20^0 C

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	อัตราเร็วในการจมตัว (เซนติเมตร/ วินาที)	ระยะเวลาในการจมตัว ในระยะทาง 10 เซนติเมตร
1	6.6	1.5 วินาที
0.5	4.4	2.3 วินาที
0.1	0.8	13 วินาที
0.03	0.09	2 นาที
0.008	0.005	30 นาที
0.001	0.00009	1 วัน
0.0001	0.000001	3 เดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3 **การเซาะตัวออกและการเคลื่อนที่ของตะกอน** (Scour and sediment transport)

การเซาะตัวออกของตะกอนเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ ที่มีสาเหตุมาจากการไหลของน้ำ เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดตามธรรมชาติบริเวณแม่น้ำและลำธาร การเซาะตัวออกของตะกอนทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแม่น้ำ และทำให้เกิดกระบวนการเคลื่อนย้ายและการทับถมของตะกอน (Transport and deposition of sediment) บริเวณสิ่งก่อสร้างต่างๆ ในทะเล การเซาะตัวออกของตะกอนจะเกิดขึ้นในช่วงที่กระแสน้ำไหลแรง และจะมีการตกลงมาของตะกอนเมื่อกระแสน้ำไหลเบาลง (Breusers และ Raudkivi, 1991) การเซาะตัวออกจะทำให้ค่อยๆ เกิดเป็นหลุมบริเวณด้านหน้าที่ปะทะกระแสน้ำ เนื่องจากการหมุนวนของน้ำ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของมวลน้ำและการเซาะตัวออกของตะกอนทำให้เกิดเป็นหลุมด้านหน้าสิ่งก่อสร้าง (Dargahi, 1990 อ้างถึงใน Vicharn, 1996)

ก) ประเภทของการเซาะตัวออกของตะกอน

General scour เกิดขึ้นโดยทั่วๆ ไปกับแม่น้ำหรือลำธารจากกระบวนการตามธรรมชาติ ซึ่งไม่มีลำดับขั้นตอนตายตัว

Constriction scour เป็นการเซาะตัวเนื่องจากการปลูกสร้างสิ่งก่อสร้าง ทำให้ลำน้ำแคบลง หรือทำให้การไหลของน้ำแรงขึ้น

Local scour เป็นผลกระทบโดยตรงจากการปลูกสร้างสิ่งก่อสร้าง ซึ่งมีผลต่อการไหลของน้ำ โดยขึ้นกับประเภทของสิ่งก่อสร้างเป็นปัจจัยหลัก ยิ่งกว่าการเกิด General scour และ Constriction scour

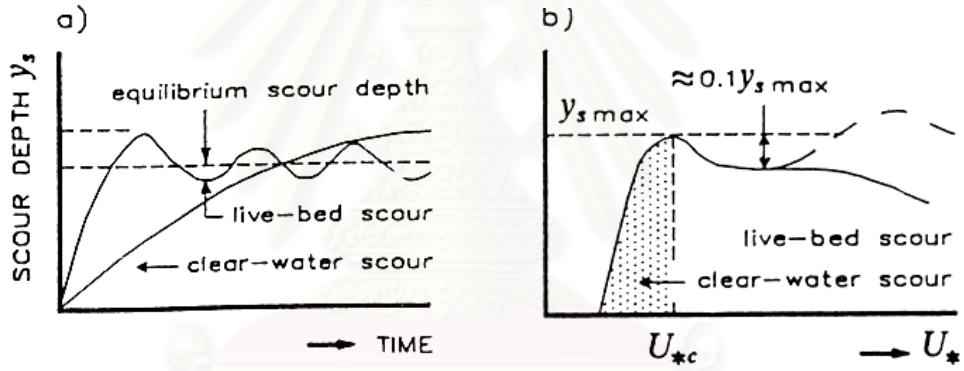
Local scour ทำให้เกิดการจมตัวของสิ่งปลูกสร้างเนื่องจากการเกิดน้ำวน (Vortex) รอบๆ สิ่งปลูกสร้าง โดยที่ความเร็วกระแสน้ำในบริเวณดังกล่าวต้องมีค่าเกินความเร็ววิกฤตของกระแสน้ำสำหรับอนุภาคตะกอนในบริเวณนั้น (Vicharn, Kimura และ Ban, 1999)

ข) สภาวะการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนเนื่องจากการเซาะตัวออก

การเซาะออกบริเวณน้ำใส หรือบริเวณที่ไม่มีตะกอนแขวนลอย (Clear-water scour) เป็นสภาวะที่ทำให้วัสดุพื้นท้องน้ำ (ตะกอน) พักตัว ในขณะที่ยังมีการไหลของน้ำตามธรรมชาติจากต้นน้ำเนื่องจากค่าความเค้นเฉือนที่ท้องน้ำ จะมีระยะห่างบางระยะจากโครงสร้างที่มีความเร็วกระแสน้ำไม่เกินค่าวิกฤต หรือขีดจำกัดเริ่มต้นของความเค้นที่ทำให้เริ่มมีการขยับตัวของอนุภาค

การเซาะออกที่พื้นท้องน้ำ (Live-bed scour) เป็นการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนบริเวณพื้นท้องน้ำซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของวัสดุพื้นท้องน้ำ เนื่องจากความเค้นเฉือนที่พื้นเกินกว่าค่าวิกฤต ซึ่งการเซาะตัวออกนี้จะทำให้ตะกอนที่อยู่ด้านปะทะกระแสน้ำมีลักษณะเป็นเกราะ (Armour) เนื่องจากมีขนาดตะกอนเฉลี่ยที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งขนาดตะกอนเฉลี่ยที่ใหญ่ขึ้นตามความเร็วกระแสน้ำในบริเวณนั้น (Breusers และ Raudkivi, 1991) และสมดุลของความลึกของการเซาะตัวออกของตะกอน จะเกิดจากการเคลื่อนตัวของตะกอนออกจากหลุม และมีการเติมของตะกอนเข้ามาในหลุมจากด้านที่มีการพัดของน้ำเข้ามา

การจมตัวของสิ่งก่อสร้างในน้ำจะต้องพิจารณาทั้ง General scour, Constriction scour ในการหาความลึกจากการถูกเซาะตัวออกสูงสุด สำหรับการวิเคราะห์หา Local scour จะต้องพิจารณาทั้ง Clear-water scour และ Live-bed scour ซึ่งเป็นสภาวะที่เกิดขึ้นตามกันในการพัฒนาหลุมกัดเซาะ โดยจะในช่วงแรกจะเกิดการเซาะตัวแบบ Clear-water scour และ ในช่วงหลังจึงเกิดการเซาะตัวแบบ Live-bed scour ซึ่งเมื่อถึงความลึกสูงสุดของการเซาะตัวออก ($y_{s\ max}$) ก็จะเปลี่ยนจาก Clear-water scour เป็น Live-bed scour และความเร็วกระแสน้ำที่ทำให้ความลึกในการเซาะตัวออกสูงสุด เมื่อความเร็วกระแสน้ำเท่ากับความเร็วกระแสน้ำวิกฤต (U^*_c) ของตะกอนขนาดหนึ่งๆ ดังรูปที่ 2.6 (ข) ในสภาพธรรมชาติเมื่อถึงความลึกสูงสุดของการเซาะตัวออกของตะกอน จะมีการพัฒนาความลึกของหลุมอีกเล็กน้อยทำให้หลุมตื้นขึ้นและลึกลงสลับกันไป (Breusers และ Raudkivi, 1991) ดังรูปที่ 2.6 (ก)



(ก) (ข)

รูปที่ 2.6 ความลึกของการจมตัว และการเกิด Clear-water scour และ Live-bed scour
(ก) ความลึกของการจมตัวตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป
(ข) ความลึกของการจมตัวที่ความเร็วกระแสน้ำต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>เกณฑ์ในการพิจารณาเกี่ยวกับการเซาะออกของตะกอน</u>

(1) ลักษณะทางเรขาคณิตของสิ่งปลูกสร้าง (Geometrical conformity) ซึ่งความลึกเนื่องจากการเซาะตัวออกจะมีความสัมพันธ์กับมุมในการวางตัว และความหนาของวัสดุที่กีดขวางอยู่ (Laursen และ Toch, 1956)

(2) Froude number similarity : $S_u \quad \alpha \quad \sqrt{S_l}$

(เป็นความสัมพันธ์ของ Velocity scale กับ Length scale)

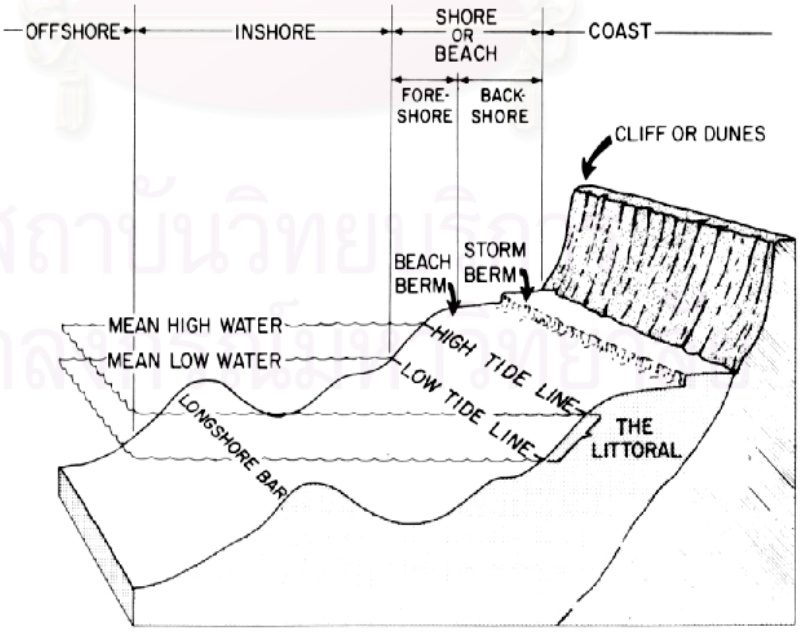
(3) Similarity of sediment transport : $S_u = S_{uc}$

เมื่อ S_u = ค่าการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนที่ความเร็วกระแสน้ำใด ๆ

S_{uc} = ค่าการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนที่ความเร็วกระแสน้ำวิกฤต

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะตะกอนและการทับถมของตะกอนชายฝั่ง

สิ่งแวดล้อมทางกายภาพทางทะเลมีผลต่อการกัดเซาะเคลื่อนย้ายตะกอน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะชายฝั่งดังนี้ และในรูปที่ 2.7 แสดงลักษณะและการแบ่งเขตชายฝั่ง



รูปที่ 2.7 ลักษณะและการแบ่งเขตชายฝั่ง (Beer, 1983)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะตะกอนชายฝั่งมีดังนี้

1) <u>คลื่น</u>

คลื่นในช่วงมรสุมซึ่งมีขนาดใหญ่ เมื่อได้เข้ามากระทบฝั่งจะทำให้เกิดการเซาะตัวออกของตะกอน แล้วถูกพัดพาลงมาเมื่อคลื่นเคลื่อนตัวกลับ (Downward) ตะกอนทรายที่ถูกเซาะออกนี้จะถูกคลื่นและกระแสน้ำพัดพาออกไปไกลตามความเร็วกระแสน้ำและขนาดตะกอนทราย (Horikawa อ้างถึงใน ชัยวัฒน์, 2529) แล้วทำให้เกิดเป็นสันดอนใต้น้ำในบริเวณที่ห่างฝั่งออกไป

หลังมรสุมคลื่นจะมีความแรงลดลง ทำให้ตะกอนสันดอนทรายถูกยกขึ้น และมาตกในบริเวณใกล้ฝั่ง ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้าและออกในระยะสั้น

2) <u>น้ำขึ้นน้ำลง</u>

Schwartz (1982) พบว่า การกัดเซาะและพอกตัวของชายหาด มีความสัมพันธ์กับการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงและฤดูกาลด้วย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal current) และลมที่พัดเข้าหาฝั่ง ทำให้ตะกอนบริเวณตอนบนของชายฝั่ง (Upper beach) เกิดการเซาะตัวตะกอนแล้วเคลื่อนย้ายไปพอกในบริเวณห่างฝั่งออกไป (Offshore) โดยเฉพาะบริเวณใกล้ปากอ่าว

3) <u>กระแสน้ำชายฝั่ง</u>

การเคลื่อนที่ของน้ำบริเวณชายฝั่ง เกิดจากคลื่นที่เคลื่อนที่ทำมุมกับแนวชายฝั่ง ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของตะกอนใน 2 ลักษณะ คือ ในแนวตั้งฉากกับชายฝั่ง (Onshore – offshore transport) และการเคลื่อนที่ขนานกับชายฝั่ง (Longshore transport)

<u>การเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉาก</u> จะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้าและออกจากฝั่งแบบระยะสั้น เนื่องจากการมีเคลื่อนที่แบบไปและกลับ เช่นเดียวกับการเกิดมรสุม

<u>การเคลื่อนที่ในแนวขนานฝั่ง</u> จะอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของตะกอนในระยะยาว เนื่องจากตะกอนทรายจะถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำ แล้วไปตกทับถมในบริเวณอื่นที่ไกลออกไปซึ่งขึ้นอยู่ความเร็วกระแสน้ำ และขนาดตะกอนทราย

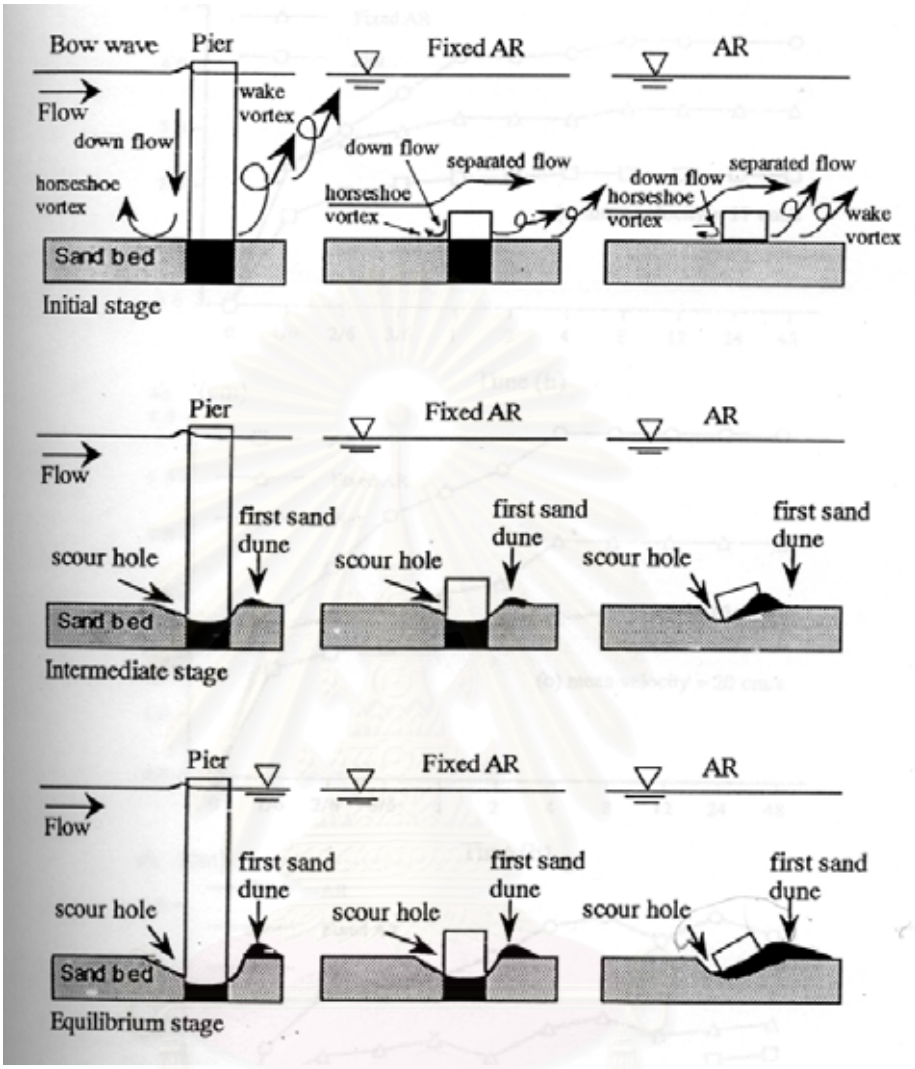
กัลยา (2519) ได้ศึกษาการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนบริเวณสะพานเทียบเรือของท่าเทียบเรือสัตหีบ พบว่า กระแสน้ำขนานฝั่ง (Longshore current) และกระแสน้ำออกจากฝั่ง (Rip current) ทำให้มีการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอน โดยจะมีการเซาะออกของตะกอนทางฝั่งตะวันตกของสะพาน และปรากฏว่ามีการตกตะกอนมาพอกทั้งสองฝั่งของสะพาน ซึ่งตะกอนจะประกอบไปด้วยอินทรียวัตถุเป็นส่วนใหญ่ โดยยิ่งห่างฝั่งออกไปตะกอนจะยิ่งมีขนาดเล็กลง เนื่องจากตะกอนที่ถูกพัดจากบริเวณ offshore มายังชายฝั่งมีขนาดเล็กทำให้แขวนลอยอยู่ในน้ำได้ แล้วถูกพัดพาออกไปไกลฝั่งที่มีน้ำลึก แต่ถ้าตะกอนมีขนาดเล็กมากจะเคลื่อนที่ไปได้ไม่ไกลนักเนื่องจากหลักของการซึมผ่าน อัตราการไหลของตะกอนจะลดลงเมื่อตะกอนมีขนาดเล็กลง

นอกจากการสร้างสะพานเทียบเรือแล้ว การขุดอ่าวหรือถมทะเล และการสร้างแนวกำบังคลื่น (Jetty break water) ก็ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน โดยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเนื่องจากการเคลื่อนที่ของคลื่นกระทบชายฝั่งทำให้เกิดคลื่นหัวแตก ซึ่งเป็นสาเหตุของการเซาะตัวออก และการงอกของตะกอน (Erosion and fill) บริเวณรอบๆ สิ่งก่อสร้าง การเคลื่อนที่ของคลื่นเข้าหาชายฝั่ง จะทำให้เกิดการปั่นป่วน (Turbulence) เนื่องจากมีการถ่ายทอดพลังงานจากคลื่นทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของตะกอนทรายท้องน้ำ ตะกอนทรายที่มีขนาดเล็กจะถูกยกตัวขึ้นและและถูกคลื่นพัดพาในสภาพแขวนลอย ซึ่งคลื่นที่เคลื่อนที่เข้ามาบริเวณที่ตื้นจะเกิดการหักเหของคลื่นทำให้ความยาวคลื่นสั้นลง ความสูงคลื่นสูงขึ้น และความเร็วคลื่นลดลง และถ้าความลึกของน้ำมากกว่าคลื่นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากกว่า (ชัยวัฒน์, 2529) จึงทำให้ชายฝั่งในระดับความลึกน้ำตื้นมีขนาดทรายที่ละเอียดกว่าที่ระดับความลึกน้ำมากกว่า

2.4 ปรากฏการณ์และปัจจัยต่อการจมตัวของสิ่งปลูกสร้างในทะเล

2.4.1 สาเหตุของการจมตัวของปะการังเทียมในทะเล

การเคลื่อนตัวของตะกอนทรายทำให้เกิดการจมตัวของปะการังเทียม จะเกิดจากการเซาะตัวออกของตะกอนแล้วทำให้เกิดหลุมบริเวณด้านหน้าของปะการังเทียมที่มีการยึดติดอยู่กับที่ เช่นเดียวกับที่เกิดกับเสาของสะพานเทียบเรือ แต่สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่ไม่ได้มีการยึดไว้ให้ติดอยู่กับที่เมื่อมีการนำไปวางไว้ในธรรมชาติจะค่อยๆ เอียงตัวตามความกว้างและความลึกของหลุมที่มีการเซาะตัวออกของตะกอน แล้วเกิดการพอกตะกอนบริเวณด้านหลังดังรูปที่ 2.8 ซึ่งการจมตัวของสิ่งปลูกสร้างจะมีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะรูปร่าง และลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่างๆ ดังนี้

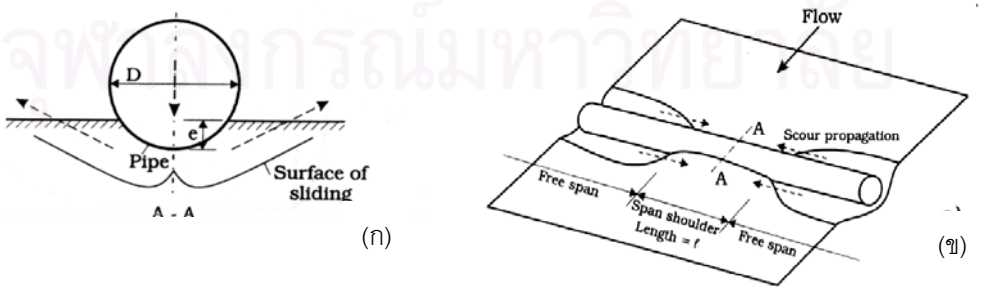


รูปที่ 2.8 ลักษณะการเคลื่อนตัวของตะกอนและการเอียงตัวของเสาสะพาน และก้อนปะการังเทียม (Vicharn, 1996)

Breusers และ Raudkivi (1991) พบว่า กระแสน้ำและคลื่น ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของตะกอน เป็นสาเหตุของการจมตัวของสิ่งปลูกสร้างในทะเล ซึ่งการเกิดคลื่นร่วมกับกระแสน้ำจะทำให้เกิดการเซาะตัวออกของตะกอนเร็วขึ้น

Sumer และคณะ (2001) ได้ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของทรายรอบสายท่อส่งก๊าซใต้น้ำ ในถังทดสอบพื้นทราย โดยการเปลี่ยนความเร็วกระแสน้ำ พบว่า มีการเคลื่อนตัวออกของทรายกระจายออกไปตามความยาวของท่อทำให้เกิดเป็นช่วงไหล่ (Span shoulder) ดังรูปที่ 2.9 (ข) เนื่องจากกระแสน้ำจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความดันน้ำทีละน้อย (Pressure gradient) บริเวณผิวที่ด้านหน้าและด้านหลังที่ปะทะกับกระแสน้ำ ซึ่งเป็นแรงหลักที่ทำให้เกิดการเซาะตัวออกของทราย แล้วทำให้เกิดการหมุนวนของน้ำ (แต่การหมุนวนของน้ำไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเซาะตัวออกของทราย) เกิดการไหลซึมของน้ำและขบวนการเคลื่อนตัวออกของทรายตรงบริเวณพื้นทรายใต้ท่อโดยการลอดตัวขึ้นมาอยู่ในด้านตรงข้ามกับทิศทางการไหลของน้ำ (Lee wake) ทำให้เกิดเป็นรอยแยกใต้ท่อ ดังรูปที่ 2.9 (ก) เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเซาะตัวออกของทรายบริเวณใต้ท่อเป็นช่วงๆ

นอกจากนี้แล้วยังมีการศึกษาเกี่ยวกับคลื่นที่มีผลต่อสิ่งกีดขวางประเภทปะการังเทียมรูปทรงต่างๆ โดยการศึกษาของ Vicharn, Kimura และ Ban (1999) ได้ทดลองใช้ความสูงคลื่นค่าต่างๆ และปะการังเทียมรูปร่างต่างๆ กันในถังทดสอบ พบว่า ที่ความสูงคลื่นมากๆ จะเกิดเนินทรายเป็นระลอกคลื่น (Ripples sand dune) เกิดน้ำวนแบบแยกออก (Vortex shedding) และการเซาะตัวออกของตะกอนบริเวณฐานของปะการังเทียม (Scouring) ซึ่งลักษณะและตำแหน่งของการเกิดเนินทรายเป็นระลอกคลื่นกับปะการังเทียมแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันออกไป ปะการังเทียมรูปแบบที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อจะเกิดเนินทรายเป็นระลอกคลื่นทั้งสี่มุมบริเวณฐานของปะการังเทียม แต่สำหรับรูปแบบปิระมิดฐานสามเหลี่ยมจะเกิดเนินทรายเป็นระลอกคลื่นเฉพาะด้านรับคลื่นเท่านั้น



รูปที่ 2.9 ลักษณะการเกิดเนินทรายรอบปะการังเทียมรูปทรงต่างๆ ในถังทดสอบ

2.4.2 ความลึกของการจมตัวของสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ในทะเล

การศึกษาความลึกในการจมตัวของสิ่งปลูกสร้างในทะเล มีปัจจัยของสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่เกี่ยวข้อง คือ ทิศทางและความเร็วกระแสน้ำขึ้นน้ำลง คลื่น และลมมรสุม นอกจากนี้แล้วรูปร่างและขนาดของสิ่งปลูกสร้างยังทำให้อัตราการจมตัวแตกต่างกันออกไปด้วย และจะเกิดความลึกสูงสุดในการจมตัวในช่วงที่เกิดสมดุลของการจมตัว ดังนี้

จากการศึกษาของ Sumer และคณะ (2001) พบว่า คลื่นและความเร็วกระแสน้ำ เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจมตัวของท่อส่งก๊าซใต้น้ำ และพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความลึกของการจมตัวของท่อฯ ได้แก่ ค่า Bearing capacity, ค่า KC และขนาดของสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งในการศึกษาพบว่า ช่วงที่ท่อส่งก๊าซใต้น้ำจมอยู่ใต้พื้นระดับเป็นจุดวิกฤตที่เกินค่า Bearing capacity ของดิน ทำให้บริเวณนั้นลด bearing area ซึ่งเป็นค่าที่เกินแรงเฉือน การคำนวณความลึกในการของการจมตัวประกอบไปด้วยค่าของ KC (Keulegan-carpenter number) และ ค่าอัตราส่วนของการฝังตัวกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อเป็นหลัก และสำหรับช่วงเวลาในการฝังตัวของท่อจะเกี่ยวข้องกับค่า Keulegan-carpenter number และ shields parameter นอกจากนั้นจากการศึกษาของ Vicharn, Kimura และ Ban (1999) ยังพบว่าความลึกของการเซาะตัวออกของตะกอนสูงสุดจะแปรผันไปตามค่า Keulegan และ Carpenter number ดังนี้

$$KC = U_m.T/D$$

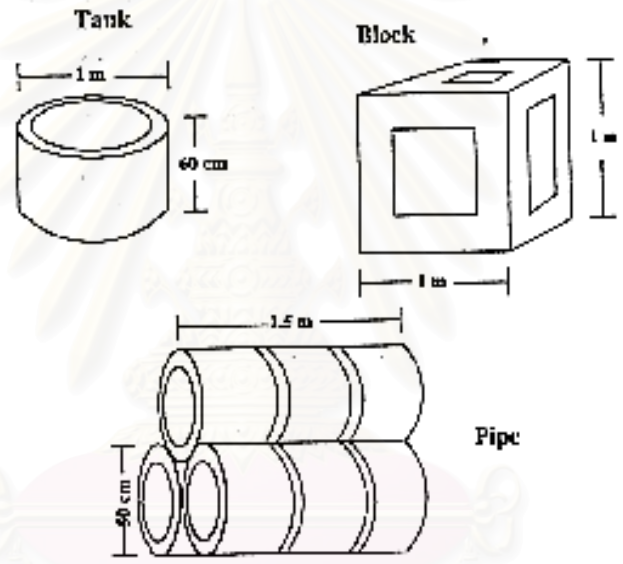
โดยที่ U_m = ความเร็วกระแสน้ำแนวนอนสูงสุดในระดับพื้นท้องทะเล

T = คาบของคลื่น

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่อยู่ติดกับพื้นทราย

ในสภาวะที่ KC มีค่าสูง พบว่ามีการก่อตัวของ Vortex ด้านหลังที่มีการปะทะกับกระแสน้ำ) ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและทำให้ความลึกเนื่องจากการเซาะตัวออกของตะกอนมากขึ้น และยังพบอีกว่าในการจมตัวในช่วงแรกจะมีการจมตัวลงอย่างรวดเร็ว ต่อจากนั้นก็มีการจมตัวช้าลงเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่มีการจมตัวเพิ่มขึ้นอีก

การทดลองเกี่ยวกับการจมตัวของปะการังเทียมในทะเลจากปะการังเทียมที่มีรูปทรงต่างๆ คือ ปลอกบ่อคอนกรีต ท่อคอนกรีต และบล็อกสี่เหลี่ยมโดย Vicharn, Tanin และ Kimura (1994) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการปะการังเทียมที่มีรูปร่างแตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ รูปทรงบล็อกสี่เหลี่ยมคอนกรีตกลวง ท่อวางแนวนอน และปลอกบ่อคอนกรีต ในถังทดสอบที่เป็นพื้นทราย พบว่า ปลอกบ่อคอนกรีต (Tank) มีอัตราการจมตัวมากที่สุด รองลงมาคือแบบท่อวางแนวนอน (Pipe) และแบบทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ (Block) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สันติ (2534) ปะการังเทียมแบบต่างๆ ดูได้จากรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ปะการังเทียมรูปแบบต่างๆ ในการทดลองเปรียบเทียบอัตราการจมตัว

จากการศึกษาของ Vicharn (1996) พบว่าความลึกเนื่องจากการจมตัวเกิดจากปัจจัยของกระแสน้ำขึ้นน้ำลง ที่ความลึกน้ำแตกต่างกัน โดยการศึกษาความลึกของการจมตัวใน 2 บริเวณ ที่มีความเร็วกระแสน้ำ และขนาดตะกอนทรายเฉลี่ยที่แตกต่างกัน ความเร็วกระแสน้ำสูงสุดในตำแหน่งที่ 1 และ 2 เท่ากับ 16 และ 28 เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ ความเร็วกระแสน้ำวิกฤตในตำแหน่งที่ 1 น้อยกว่าในตำแหน่งที่ 2 เป็น 18.7 และ27.9 เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ เกิดหลุมเนื่องจากการเซาะออกของตะกอน (Scour depth) เป็น 8.5 และ 17.66 เซนติเมตร ในบริเวณที่ 1

และ 2 ตามลำดับ เกิดหลุมทรายที่พื้นบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของปะการังเทียมที่ปะทะกับกระแสน้ำเมื่อน้ำขึ้น

ความลึกของหลุมถึงสมดุลของการจมตัว (ไม่มีการจมตัวเพิ่มขึ้นอีก) ในตำแหน่งที่ 1 หลังจากวางปะการังเทียมไปแล้วเป็นระยะเวลา 2 เดือน แต่ยังมีการพอกของทรายมาทับถมเพิ่มเติมขึ้นอีก และในตำแหน่งที่ 2 ยังคงเกิดหลุมด้านทิศเหนือซึ่งด้านหน้าที่ปะทะกับน้ำขึ้นที่มีความเร็วมากกว่าน้ำลง ซึ่งขนาดหลุมที่เกิดขึ้นบริเวณด้านทิศเหนือของก้อนปะการังเทียมจะมีขนาดใหญ่กว่าด้านทิศใต้ของก้อนปะการังเทียม

นอกจากนี้ในช่วงที่เกิดมรสุมทำให้มีการจมตัวของปะการังเทียมต่อไปอีก หลังจากที่หยุดการจมตัวไประยะหนึ่ง เช่น จากการติดตามการจมตัวของปะการังเทียมแบบยางรถยนต์ของ สันติ (2534) พบว่าในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคมมีตะกอนถูกพัดมาทับถมและถูกพัดพาออกไปจนกระทั่งยางรถยนต์ถูกฝังตัวลงไปลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตรของความสูงของยางรถยนต์ ซึ่งนอกจากมรสุมแล้วพายุก็มีผลต่อการจมตัวของสิ่งปลูกสร้างด้วย โดยทำให้เกิดการจมตัวลึกลงไปใต้พื้นท้องทะเลมากขึ้นจากความลึกปกติ ซึ่งจากการติดตามผลการจัดสร้างปะการังเทียมของ ธานินทร และคณะ (2542) พบว่าในช่วงที่มีพายุใต้ฝุ่นลินดาพัดเข้ามาในอ่าวไทย ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของทรายทับถมบริเวณด้านล่างของก้อนปะการังเทียมทำให้เห็นปะการังเทียมจมตัวลงไปลึก 11 เซนติเมตร และหลังจากช่วงที่พายุพัดเข้ามาแล้วไม่พบว่ามีการจมตัวเพิ่มขึ้นอีก

2.5 สิ่งแวดล้อมทางกายภาพบริเวณพื้นทะเลที่เกี่ยวข้องกับการจมตัว

2.5.1 ลักษณะตะกอนพื้นท้องทะเล

ตะกอนพื้นท้องทะเลมีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละบริเวณ ซึ่งจากการสำรวจพบว่าบริเวณอ่าวไทยในระยะห่างฝั่งมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดย กรมสมุทรศาสตร์ (2538) พบว่าไม่มีรูปแบบที่แน่นอนในการเปลี่ยนแปลงขนาดตะกอนในแต่ละฤดูกาล จากการสำรวจขนาดตะกอนพื้นท้องทะเลบริเวณอ่าวเพ จังหวัดระยอง ในเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2525 - 2526 (Takahashi, Sumittra และ Narong : 1986) พบว่าลักษณะพื้นท้องทะเลทางตอนเหนือของเกาะเสม็ด มีลักษณะตะกอนเป็นทรายที่มีการกระจายของขนาดตะกอน (Grain size) ของโคลน (เล็กกว่า 0.05 มม.) ทรายละเอียด (0.05–0.50 มม.) ทรายหยาบ (0.50 -3.0 มม.) และเปลือกหอย เป็น 6.99, 85.63, 6.88 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.5.2 ลักษณะทางอุทกวิทยา

จากข้อมูลของ Anukul (1997) โดยใช้การคำนวณโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า กระแสน้ำบริเวณห่างฝั่งในช่วงอ่าวไทยฝั่งตะวันออก มีการเคลื่อนที่จากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก โดยมีความเร็วกระแสน้ำเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม และสูงมากในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม แล้วเปลี่ยนทิศทางเป็นการเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกในเดือนพฤศจิกายน

ข้อมูลจากทุ่นสมุทรศาสตร์จังหวัดระยองของ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน) พบว่าความเร็วกระแสน้ำนอกชายฝั่งมีค่าต่ำสุดช่วงเดือนมีนาคม มีค่าสูงสุดในช่วงเดือนกรกฎาคม และมีค่าโดยเฉลี่ยสูงสุดที่เดือนมิถุนายน และต่ำสุดที่เดือนมีนาคมเช่นเดียวกัน ดังตารางที่ 2.3

นอกจากนั้นยังมีการวัดกระแสน้ำชายฝั่งบริเวณเกาะเสม็ดของ Jumpol และ Namba (1998) พบว่า ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มวลน้ำในอ่าวไทยมีการพัดพากระแสน้ำจากทางตะวันตกไปทางตะวันออก เนื่องจากอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีการไหลของกระแสน้ำผ่านช่องเสม็ดแบบเลียดชายฝั่งและเกาะไปทางทิศใต้ ด้วยความเร็วกระแสน้ำบริเวณช่องเสม็ดเป็น 29 เซนติเมตร/ วินาที บริเวณเกาะปลาตีน ซึ่งอยู่ถัดไปทางขวามือของช่องเสม็ดมีความเร็วกระแสน้ำเป็น 35 เซนติเมตร/ วินาที และระหว่างเกาะเสม็ดและกุฎีความเร็วกระแสน้ำเป็น 11 เซนติเมตร/ วินาที และจากข้อมูลฝ่ายอุทกวิทยา กรมเจ้าท่า ซึ่งได้ทำการตรวจวัดความเร็วกระแสน้ำบริเวณอ่าวเพ ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ในเดือนมิถุนายนทั้งในช่วงน้ำเกิดและน้ำตาย โดยแสดงเป็นอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำเมื่อน้ำขึ้นและเมื่อน้ำลงดังตารางที่ 2.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 อัตราเร็วกระแสน้ำแบบต่ำสุด สูงสุด และโดยเฉลี่ย บริเวณห่างฝั่งจังหวัดระยอง ในช่วง 10 ปี

เดือน	อัตราเร็วกระแสน้ำ (เซนติเมตร/ วินาที)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
มกราคม	0.12	30.94	9.79
กุมภาพันธ์	0.20	31.35	10.52
มีนาคม	0.10	29.10	9.73
เมษายน	0.12	39.14	11.05
พฤษภาคม	1.09	37.33	11.98
มิถุนายน	1.17	36.91	12.90
กรกฎาคม	0.29	32.70	10.73
สิงหาคม	0.34	42.94	11.80
กันยายน	0.42	45.79	12.72
ตุลาคม	0.44	53.91	16.15
พฤศจิกายน	0.30	46.58	13.21
ธันวาคม	0.39	38.09	12.03

ที่มา : ข้อมูลจากทุ่นสมุทรศาสตร์ฯ จังหวัดระยอง ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน) ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2535- 2544

ตารางที่ 2.4 ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำบริเวณอ่าวเพ (วันที่ 7-18 มิถุนายน 2535)

สถานี	ความเร็วช่วงน้ำเกิด (ซม./วินาที)		ความเร็วช่วงน้ำตาย (ซม./วินาที)		ทิศทาง (องศาเหนือ)	
	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง
1	8.74	6.68	3.6	7.71	281	23
2	13.36	16.96	6.68	15.42	225	38

ที่มา : ข้อมูลจากฝ่ายอุทกวิทยา ของกรมเจ้าท่า

2.5.3 ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา

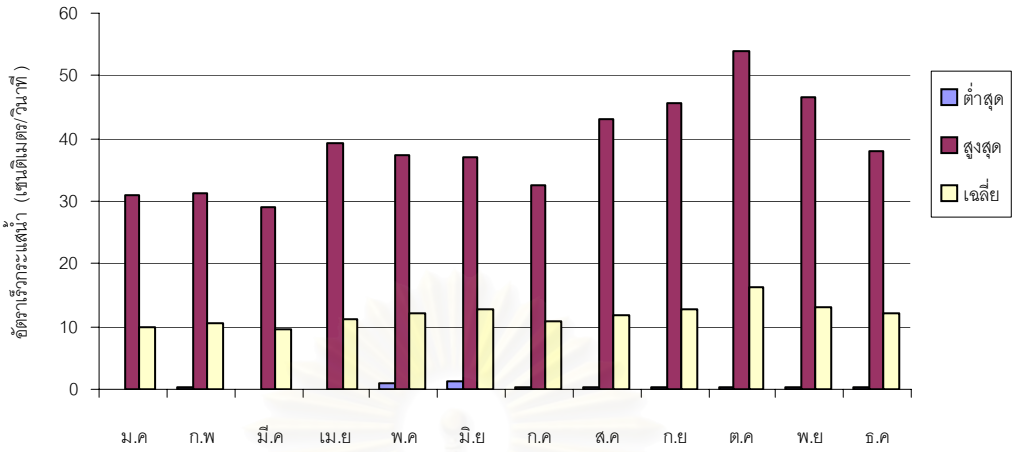
ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน โดยข้อมูลดังกล่าวมีการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งสถานีที่ใกล้กับบริเวณที่ทำการทดลอง คือ สถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดระยอง เป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2535 - 2544 ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อัตราเร็วลมเฉลี่ยและสูงสุด และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย จังหวัดระยอง

เดือน	ความเร็วลมเฉลี่ย		อัตราเร็วลมสูงสุด	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
	อัตราเร็ว(น็อต)	ทิศทาง	(น็อต)	(มิลลิเมตร)
มกราคม	1.6	S	24	2.6
กุมภาพันธ์	2.3	S	22	3.9
มีนาคม	2.6	S	30	6.2
เมษายน	2.4	S	35	7.7
พฤษภาคม	2.9	SW	50	14.7
มิถุนายน	3.9	SW	33	14.4
กรกฎาคม	4.6	SW	38	13.4
สิงหาคม	4.2	SW	35	14.1
กันยายน	2.6	SW	30	16.8
ตุลาคม	1.4	N	25	17.7
พฤศจิกายน	1.8	N	25	5.8
ธันวาคม	1.9	N	20	1.7

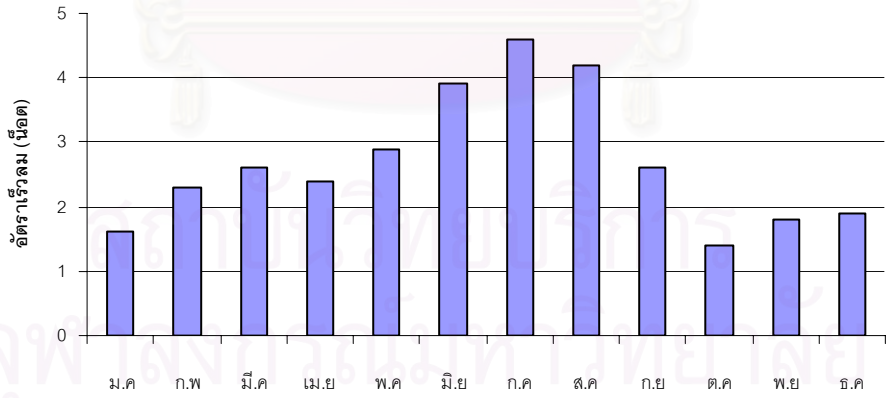
ที่มา : ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดระยอง ของกรมอุตุนิยมวิทยา
ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 - 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 อัตราเร็วกระแสน้ำแบบต่ำสุด สูงสุด และโดยเฉลี่ย บริเวณห่างฝั่งจังหวัดระยอง

ที่มา : ข้อมูลจากทุ่นสมุทรศาสตร์ฯ จังหวัดระยอง ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน) ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2535 - 2544



รูปที่ 2.2 อัตราเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนในช่วง 10 ปี บริเวณจังหวัดระยอง

ที่มา : ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศ จังหวัดระยอง ของกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 - 2544

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการทดลองเพื่อศึกษาการจมตัวของปะการังเทียมนั้น ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทำการศึกษาภาคสนามในทะเล โดยการดำน้ำลงไปเก็บตัวอย่าง และบันทึกข้อมูล และอีกส่วนเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ

<u>การศึกษาภาคสนาม</u>

1. การจัดสร้าง
   - การจัดวางปะการังเทียม
   - การวางชุดกระบอกดักตะกอน
   - การปักเสาอ้างอิง
2. การติดตามผล และเก็บตัวอย่าง
   - การเก็บตัวอย่างตะกอนในกระบอกดักตะกอน นำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาน้ำหนักรวมแบบแห้ง และ Grain size ของตะกอน
   - ขุดตะกอนที่พื้นบริเวณรอบที่ทำการทดลอง และบริเวณรอบก้อนปะการังเทียม ไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหา Grain size ของตะกอน และความเร็วกระแสน้ำวิกฤต (Crical velocity)
   - วัดความลึกของการเคลื่อนที่เข้าและออกของตะกอน แล้วบันทึกผล
   - บันทึกภาพลักษณะและรูปแบบการจมตัวของปะการังเทียม
   - วัดความลึกของการจมตัวของปะการังเทียม แล้วบันทึกผล
   - วัดความเร็วกระแสน้ำ บันทึกผล แล้วจึงนำไปวิเคราะห์และคำนวณหาความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย และความเร็วกระแสน้ำขึ้นน้ำลง

การศึกษาในห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ตะกอน

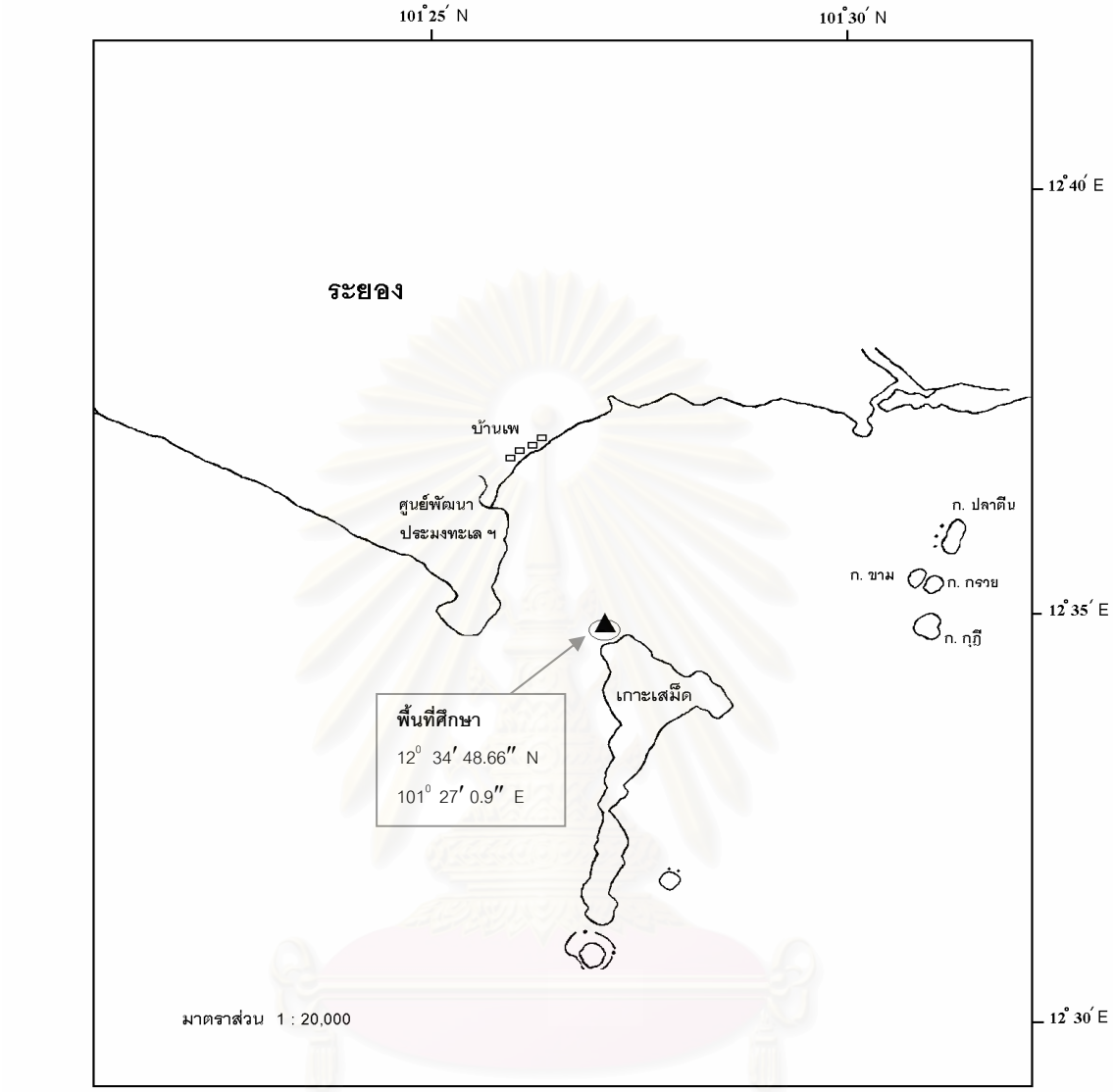
1. ชั่งตะกอนเพื่อหาน้ำหนักรวมแบบแห้ง เพื่อนำไปคำนวณความสูงตะกอนในกระบอกดักตะกอน
2. ร่อนตะกอนเพื่อหาน้ำหนักตะกอนแต่ละขนาด เพื่อหา Grain size ของตะกอน และนำไปวิเคราะห์หาขนาดตะกอนเฉลี่ยต่อไป

การวิเคราะห์และคำนวณข้อมูล

1. วิเคราะห์หาขนาดตะกอนเฉลี่ย โดยการหาค่ามัธยฐานของขนาดตะกอน (d_{50})
2. วิเคราะห์ความเร็วกระแสน้ำวิกฤต
3. วิเคราะห์ความเร็วกระแสน้ำ

นำข้อมูลจากการติดตามและบันทึกผลภาคสนาม และที่ได้จากการวิเคราะห์และคำนวณไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ เพื่อหาสาเหตุและลักษณะของการจมตัวของปะการังเทียมต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 บริเวณที่ทำการศึกษา

3.1 บริเวณที่ทำการศึกษา

ได้ใช้พื้นที่บริเวณอ่าวขามซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของเกาะเสม็ด จังหวัดระยอง ทำการศึกษาในบริเวณที่ห่างจากชายฝั่งของเกาะประมาณ 200 เมตร และมีความลึกน้ำประมาณ 5 - 6 เมตร เมื่อหาพิกัดตำแหน่งที่ทำการศึกษาโดยใช้เครื่องหาพิกัดตำแหน่งที่ทางภูมิศาสตร์ (GPS : Global

Position System) รุ่น PYXIS ของ SONY จะอยู่ที่ละติจูดที่ 12^0 34′ 48.66″ เหนือ และลองติจูดที่ 101^0 27′ 0.90″ ตะวันออก บริเวณที่ทำการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3.1

3.2 ระยะเวลาการดำเนินการศึกษา

การดำเนินการวิจัยในครั้งได้เริ่มทำการทดลอง ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายนในปี พ.ศ. 2544 ซึ่งอยู่ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดสร้าง

1) <u>ปะการังเทียมที่ใช้สำหรับการทดลอง</u>

ใช้รูปแบบที่ใช้ในการเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อจำนวน 6 ก้อน (รูปที่ 3.4)

2) <u>ชุดดักตะกอน</u>

ประกอบไปด้วยกระบอกดักตะกอนซึ่งทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร จำนวน 32 กระบอก และแท่นวางกระบอกดักตะกอน ซึ่งประกอบด้วย แท่งเหล็กตั้งยาว ซึ่งทำจากเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร และฐานยึดแท่งเหล็กหล่อด้วยปูนซีเมนต์จำนวน 16 ชุด

ในการออกแบบลักษณะของกระบอกดักตะกอน เพื่อให้ตะกอนที่มาตกอยู่ในกระบอกแล้วเคลื่อนตัวออกไปจากกระบอกเนื่องจากการกระทำของกระแสน้ำน้อยที่สุด จึงต้องทำให้กระบอกมีความสูงมาก แต่ถ้าสูงมากเกินไปจะทำให้ปริมาณการตกตะกอนมากเกินจริง และจะมีสัตว์น้ำเข้าไปอาศัยอยู่ในกระบอกได้ ดังนั้นจากการศึกษาของ Gardner (1980) สรุปไว้ว่า ถ้ารูปร่างของกระบอกดักตะกอนเป็นทรงกระบอกตรง ควรให้อัตราส่วนของขนาดเส้นผ่าเส้นศูนย์กลางต่อความสูงกระบอกเป็น 1 : 2 ถึง 1 : 3 สำหรับการทดลองนี้จึงออกแบบใช้อัตราส่วน 1 : 2.5 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความลึกดังที่กล่าวมาข้างต้น

3) เสาอ้างอิง

ทำจากเหล็กเส้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.635 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร จำนวน 20 เส้น

3.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตามผลและเก็บตัวอย่าง

1) ชุดอุปกรณ์ดำน้ำลึก
2) กล้องบันทึกภาพใต้น้ำ
3) กระบอกขุดตะกอน

ทำจากพลาสติกใสที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.4 เซนติเมตร สูง 18 เซนติเมตร จำนวน 1 กระบอก และถุงพลาสติกพร้อมยางรัดจำนวน 16 ชุด

4) ถุงพลาสติกถ่ายตะกอน จากกระบอกดักตะกอนพร้อมยางรัด จำนวน 32 ชุด
5) ตลับเมตรใต้น้ำ ยาว 30 เมตร 1 ตลับ
6) กระดานบันทึกข้อมูล เพื่อบันทึกการจมตัวและการพอกตะกอนใต้น้ำพร้อมดินสอ
7) เครื่องวัดกระแสน้ำ (current velocity & direction meter)

ใช้เครื่องวัดกระแสน้ำ รุ่น CM – 2SA ของบริษัท TOHO DENTAN Co; Ltd. เป็นเครื่องวัดกระแสน้ำแบบอยู่กับที่ ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ใบพัด (sensory unit) จอแสดงผล (indicator unit) และสายเคเบิลที่ต่อระหว่างชุดอุปกรณ์ใบพัดกับจอแสดงผล

3.3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) ตะแกรงร่อนแยกขนาดตะกอน (sieve)

ประกอบไปด้วยขนาดตะแกรงที่ต่างกัน 6 ชั้น ตามการแบ่งขนาดทรายของ Holme และ McIntyre (1971) ในภาคผนวก ก โดยวางตะแกรงซ้อนกันจากขนาดตาใหญ่ไปหาเล็ก จำนวน 6 ชั้น ได้แก่ ขนาดตา 2.0, 1.0, 0.5, 0.25, 0.125 และ 0.063 มิลลิเมตร

2) ถาดพลาสติก และถาดอลูมิเนียม

ใช้สำหรับตากตะกอน และอบตะกอนตัวอย่าง

3) แผ่นอลูมินัมฟลอยด์

4) ตู้อบความร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

5) เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.4 วิธีทำการศึกษา

3.4.1 การจัดวางก้อนปะการังเทียม และชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

การจัดวางก้อนปะการังเทียม

ลากและจัดวางปะการังเทียมจากบริเวณชายฝั่งของอ่าวขาม ให้อยู่ในระยะที่ห่างจากเกาะประมาณ 200 เมตร ที่ความลึกน้ำ 5 – 6 เมตร โดยใช้ปะการังเทียมจำนวน 6 ก้อน ในจำนวนนี้เป็นก้อนอ้างอิง 2 ก้อน จัดวางปะการังเทียมแต่ละก้อนให้ห่างกันในแนวทิศเหนือ – ใต้เป็นระยะทาง 5 เมตร และห่างกันในแนวทิศตะวันออก - ตะวันตกเป็นระยะทาง 15 เมตร ให้อยู่ในพื้นที่ 30 x 5 ตารางเมตร ดังรูปที่ 3.3 และ รูปที่ 3.4 (ขวา) แล้ววางชุดกระบอกดักตะกอน และเสาวัดระดับการจมตัวของก้อนปะการังเทียมและการพอกตัวของตะกอนที่ฐานของปะการังเทียมดังนี้

การวางชุดกระบอกดักตะกอน

เมื่อลากและจัดวางปะการังเทียมเรียบร้อยแล้ว ดำน้ำลงไปวางแท่นวางกระบอกดักตะกอนที่ตำแหน่งกลางของแต่ละด้านของปะการังเทียม ดังรูปที่ 3.5 (ก) ซึ่งหันไปทางทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก คลุมปากกระบอกด้วยผืนอวนที่มีขนาดความยาวตา 7 เซนติเมตร แล้วใช้ยางรัดผืนอวนติดกับปากกระบอก เพื่อป้องกันมิให้สัตว์น้ำเข้าไปอาศัยหรือขุดคุ้ยตะกอนภายในกระบอก สุดท้ายจึงนำกระบอกดักตะกอนจำนวน 2 กระบอก วางไว้ในแท่นวางกระบอก

การปักเสาวัดระดับการจมตัวของก้อนปะการังเทียมและการพอกตัวของตะกอน

ปักเสาวัดระดับการจมตัวให้ห่างจากชุดดักตะกอน 10 เซนติเมตร ปักเสาให้ลึกลงไป 50 เซนติเมตร และให้โผล่พ้นพื้นทะเลขึ้นมา 70 เซนติเมตร ทั้ง 4 ด้านของก้อนปะการังเทียม

3.4.2 การติดตามผลและเก็บตัวอย่าง

<u>การขุดเก็บตัวอย่างตะกอนบริเวณรอบที่ทำการทดลอง</u>

เก็บตัวอย่างตะกอนก่อนการวางปะการังเทียม และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง โดยการขุดตะกอนที่พื้นโดยใช้กระบอกขุดตะกอน ทำการขุดตะกอนที่พื้นทะเลลึกลงไป 5 เซนติเมตร จากระดับผิวหน้าของพื้นทะเล ตรงกลางพื้นที่ที่ได้กำหนดแบ่งไว้จำนวน 15 จุด ซึ่งครอบคลุมบริเวณที่วางปะการังเทียมไว้ ดังรูปที่ 3.4 (ซ้าย) นำตะกอนที่ขุดได้ใส่ถุงพลาสติกมัดยาง แล้วนำไปวิเคราะห์หาขนาดตะกอนเฉลี่ย

(ก) การเก็บตัวอย่างตะกอนที่พื้น

ใช้กระบอกขุดตะกอน ทำการขุดตะกอนที่พื้นทะเลบริเวณรอบก้อนปะการังเทียม ห่างจากชุดกระบอกดักตะกอน 10 เซนติเมตร ลึก 5 เซนติเมตร จากระดับผิวหน้าของพื้นทะเลทั้ง 4 ด้านของก้อนปะการังเทียม ดังรูปที่ 3.5 (ข) นำตะกอนที่ขุดได้ใส่ถุงพลาสติกมัดยาง ตะกอนที่ขุดได้ไปหาขนาดตะกอนเฉลี่ย d_{50} (B) จากเส้นโค้งการกระจายความถี่สะสมต่อไป

(ข) การเก็บตัวอย่างตะกอนในกระบอกดักตะกอน

เก็บตะกอนในกระบอกดักตะกอนทุกๆ 1 เดือน นำตะกอนที่ได้ไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อชั่งหาน้ำหนักรวมแบบแห้งโดยใช้หน่วยเป็นกรัม เพื่อคำนวณหาความสูงของตะกอนในกระบอกดักตะกอน และหาขนาดตะกอนเฉลี่ย d_{50} (T) จากเส้นโค้งการกระจายความถี่สะสมต่อไป

<u>การวัดการพอกตัวของตะกอนรอบปะการังเทียม</u>

วัดความสูงการเคลื่อนที่เข้าและออกของตะกอนซึ่งแยกออกเป็น 2 ข้อมูลคือ ความลึกของหลุมกัดเซาะ (y_{sc}) และการพอกตัวของตะกอน (y_{ac}) บริเวณรอบฐานของปะการังเทียม โดยขึงสายวัดจากระดับปลายบนของเสาอ้างอิงจนถึงระดับที่เสาเริ่มพ้นพื้นทะเลขึ้นมา ดังในรูปที่ 3.5 (ง) บันทึกค่าที่วัดได้ในกระดานบันทึกข้อมูลใต้น้ำ ค่าที่ได้จากการวัดนำมาลบออกด้วย 70 เซนติเมตร ถ้าค่าที่ได้จากลบมีค่าเป็นบวก (+) บันทึกเป็นค่าการพอกตัวของตะกอน และถ้าค่าที่ได้เป็นลบ (-) บันทึกเป็นค่าความลึกของหลุมกัดเซาะ

การวัดการจมตัวของปะการังเทียม

วัดความลึกของการจมตัวของปะการังเทียมแต่ละมุม (y_s) โดยขึงสายวัดจากระดับเชือกที่ผูกไว้กับเสาอ้างอิงที่ระดับ 10 เซนติเมตรจากปลายเสา มาที่ระดับมุมด้านบนของก้อนปะการังเทียมแต่ละด้าน ดังรูปที่ 3.5 (ค) บันทึกค่าที่วัดได้ในกระดานบันทึกใต้น้ำ

3.4.3 การเก็บข้อมูลกระแสน้ำ

การเก็บข้อมูลกระแสน้ำ เลือกวันที่เป็นน้ำเกิด (Spring tide) และวันที่เป็นน้ำตาย (Neap tide) ซึ่งวันที่เป็นน้ำเกิดจะมีความต่างของระดับน้ำจากการขึ้นลงของน้ำในรอบวันสูงสุด ซึ่งมักเกิดทุก 2 สัปดาห์ หลังจากดวงจันทร์มืดสนิท หรือ เต็มดวงประมาณ 2 - 3 วัน ดูได้จากเส้นกราฟของระดับความลึกน้ำในตารางทำนายระดับน้ำขึ้นน้ำลงในประเทศ โดยกรมอุทกศาสตร์ และปรากฏในช่วงที่เส้นกราฟมีความยาวมากที่สุดในรอบเดือน ส่วนช่วงวันที่เป็นน้ำตายจะมีลักษณะของความแตกต่างของระดับน้ำจากการขึ้นลงของน้ำในรอบวันน้อยที่สุด เส้นกราฟแสดงในภาคผนวก ข การบันทึกข้อมูลความเร็วและทิศทางกระแสน้ำ บันทึกเป็นรายชั่วโมงความเร็วมีหน่วยเป็นเซนติเมตร/ วินาที และทิศทางที่วัดได้เป็นมุมที่เทียบกับทิศเหนือไปในทิศตามเข็มนาฬิกา

วิธีการตรวจวัดความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษาการจมตัวของปะการังเทียม โดยใช้เครื่องวัดกระแสน้ำ ในการวัดกระแสน้ำจะประกอบชุดอุปกรณ์ใบพัดกับไม้คานละเชือกแล้วหย่อนลงไปในน้ำทะเลโดยให้อยู่ในระดับสูงขึ้นมาจากพื้นทะเล 50 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6 แล้วบันทึกค่าความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่ปรากฏที่หน้าจอ (Indicator unit) ทุกๆ 1 ชั่วโมง ในบริเวณที่ทำการทดลอง บันทึกค่าเป็นหน่วย เซนติเมตร/ วินาที โดยวัดกระแสน้ำที่มีความเร็วตั้งแต่ 0.02 - 1.0 เมตร/วินาที ซึ่งมีช่วงของความผิดพลาดอยู่ที่ $\pm$ 2% ทิศทางที่แสดงบนหน้าปัดเป็น 0 - 360 องศา (^{0}) เป็นค่าที่แสดงถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากเครื่องวัดกระแสน้ำไปในทิศตามเข็มนาฬิกาจากทิศเหนือ เช่น การแสดงค่าที่ 0 องศา หมายถึง กระแสน้ำ ณ จุดวัดกำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกนำไปคำนวณหาอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำเฉลี่ย และอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำขึ้นน้ำลงในรอบวัน

ในการวัดกระแสน้ำ จะเลือกวันที่เป็นตัวแทนกระแสน้ำช่วงน้ำขึ้นลงมากสุด และช่วงน้ำขึ้นลงน้อยที่สุด ในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยดูจากตารางทำนายระดับน้ำประจำปี พ.ศ. 2544 ซึ่งจัดทำโดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เพื่อหาอัตราเร็วสูงสุดและต่ำสุดและทิศทางบริเวณที่ทำการทดลอง (กระแสน้ำประจำถิ่น) และในการคำนวณหาความเร็วกระแสน้ำขึ้นน้ำลง โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากสถานีวัดระดับน้ำ จังหวัดระยอง ของกรมเจ้าท่า ซึ่งวัดได้จริงในช่วงเวลาเดียวกับที่ทำการทดลองวัดกระแสน้ำ

3.4.4 การวิเคราะห์ตะกอนในห้องปฏิบัติการ

วิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดตะกอนทรายบริเวณรอบที่ทำการทดลองก่อนวางปะการังเทียม และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง ตะกอนทรายที่ได้จากที่พื้นทะเลรอบปะการังเทียม และตะกอนทรายที่ได้จากกระบอกดักตะกอน โดยบันทึกข้อมูลเป็นค่าน้ำหนักรวมแบบแห้งของตะกอนเฉพาะตะกอนทรายที่ได้จากกระบอก หา Grain size ของตะกอนในกระบอกฯ ตะกอนที่ได้จากการขุดบริเวณรอบที่ทำการทดลอง และตะกอนบริเวณรอบก้อนปะการังเทียม เพื่อวิเคราะห์หาขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) ต่อไป

ดัดแปลงวิธีของ Mudroch, Azcne และ Mudroch (1997) โดยนำตัวอย่างตะกอนที่ต้องการหาน้ำหนักรวมแบบแห้ง หรือ หาขนาดตะกอนเฉลี่ย รินแยกน้ำทะเลที่ผสมกับตะกอนออก นำตะกอนแช่น้ำจืด 24 ชั่วโมง รินน้ำที่แช่ตะกอนออก นำตะกอนไปตากให้พอหมาดแล้วจึงนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำตะกอนไปชั่งหาน้ำหนักรวม บันทึกค่าปริมาณน้ำหนักรวมแบบแห้ง (เฉพาะตะกอนจากกระบอกดักตะกอน) แล้วไปคำนวณหาความสูงตะกอน โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\rho = M/V$$

และเนื่องจากที่ดักตะกอนเป็นทรงกระบอกจึงมีค่า V เป็น $\pi r^2.h$ จึงคำนวณความสูงตะกอนได้ดังนี้

$$h = M/\pi r^2.\rho$$

โดยที่ h = ความสูงตะกอนในกระบอกดักตะกอน (เซนติเมตร)

ρ = ความหนาแน่นของตะกอนทราย (2.65 กรัม/ ลูกบาศก์เซนติเมตร)

M = น้ำหนักตะกอน (กรัม)

V = ปริมาตรตะกอน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

r = รัศมีของปากกระบอกดักตะกอน (เซนติเมตร)

π = เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 22/ 7

แบ่งตะกอนที่อบจนแห้งทั้งสิ้น 50 กรัม แช่ในน้ำจืดนาน 24 ชั่วโมง เพื่อให้ตะกอนขนาดเล็กกระจายตัวออกจากกัน แล้วแยกตะกอนโดยการคลุกเคล้าตะกอนบนชั้นตะแกรงร่อนแยกตะกอน (sieve) ชั้นบนสุด ฉีดน้ำที่ตะกอนตั้งแต่ชั้นบนลงมาทีละชั้น เพื่อให้ตะกอนลอดตาตะแกรงแล้วตกลงบนตะแกรงตามขนาดตาตะแกรง นำตะกอนที่ได้แต่ละชั้นใส่แผ่นอลูมินัม-ฟลอยด์ที่ได้พับเป็นกระทงแล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตะกอนแต่ละชั้นไปชั่งหาน้ำหนัก แล้วรวมน้ำหนักทั้งหมดที่ชั่งได้ นำมาลบออกจาก 50 กรัม จะได้น้ำหนักของตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่า 0.063 มิลลิเมตร แล้วคำนวณหา Grain size โดยใช้สูตรของ Mudroch และคณะ (1997) ดังนี้

$$\text{Grain size (\%)} = M_s/M_t \times 100$$

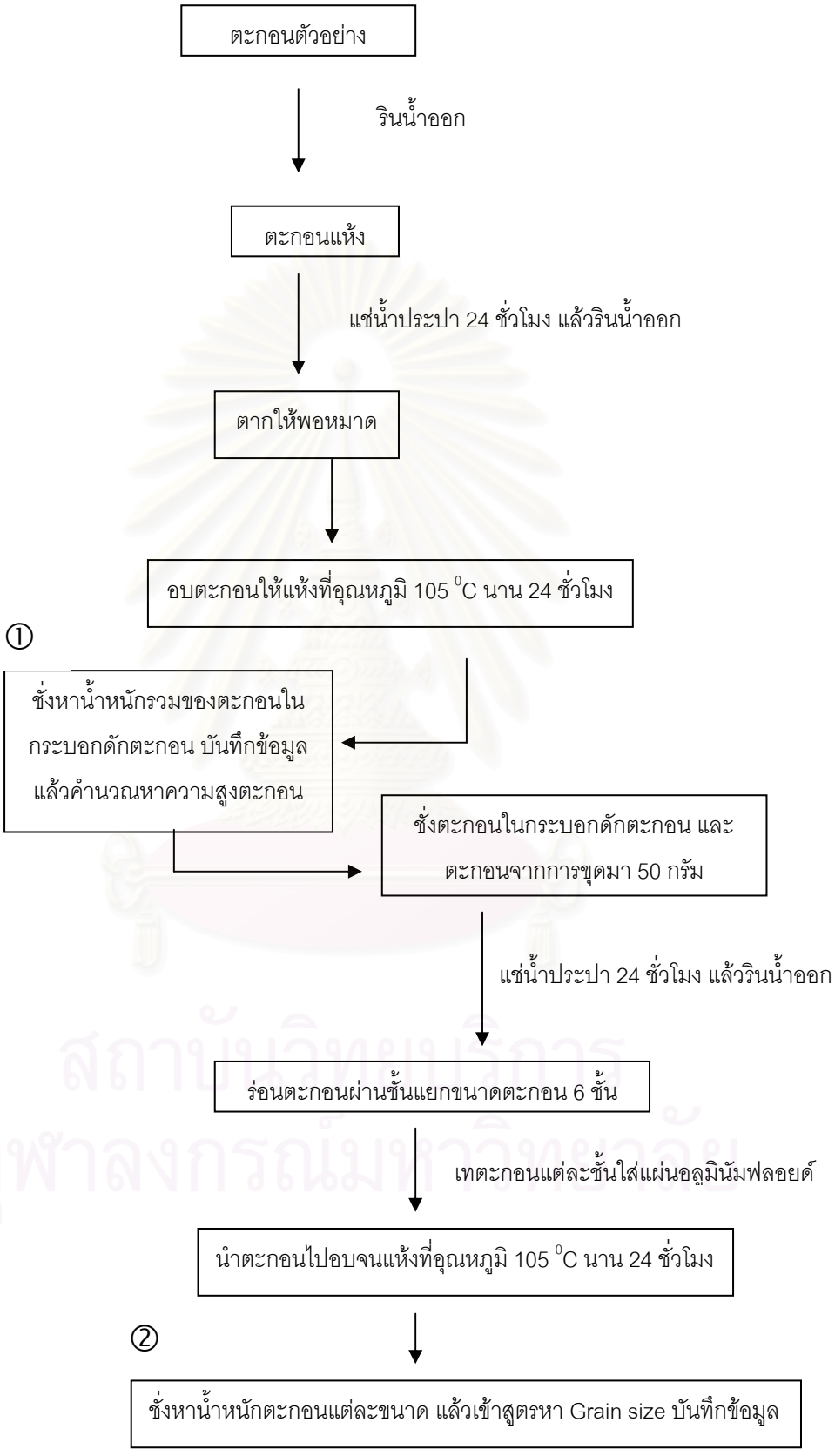
โดยที่ M_s = น้ำหนักตะกอนบนชั้นตะแกรงแยกตะกอนแต่ละชั้น หน่วยเป็นกรัม

M_t = น้ำหนักทั้งหมดที่ชั่งเมื่อเริ่มต้น หน่วยเป็นกรัม

ค่าที่ได้จากการคำนวณบันทึกไว้แล้วในตารางที่ ค.1 - ค.2 และ ตารางที่ ง.1 – ง.10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์หาน้ำหนัก และ Grain size ของตะกอน</u>



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.5 ข้อมูลทุติยภูมิ

ได้ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะสิ่งแวดล้อมทางกายภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อร่วมในการอภิปรายผลการวิจัย ได้แก่ ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย อัตราเร็วลมสูงสุด และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ความสูงคลื่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 - 2544 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกรมอุตุนิยมวิทยาที่สถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดระยอง ข้อมูลอัตราเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยบริเวณนอกชายฝั่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 – 2544 จากทุ่นสมุทรศาสตร์จังหวัดระยอง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงบริเวณปากแม่น้ำระยองและแหลมสิงห์ปี พ.ศ. 2544 จากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า และข้อมูลจากการทำนายระดับน้ำบริเวณแหลมสิงห์และปากแม่น้ำระยอง จากตารางทำนายระดับน้ำประจำปี พ.ศ. 2544 ของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ

3.5 การวิเคราะห์ และคำนวณข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์หาเฉลี่ยมัธยฐานของขนาดตะกอน (d_{50})

นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหา Grain size ของตะกอนที่พื้นบริเวณรอบที่ทำการทดลองและรอบปะการังเทียม และตะกอนในกระบอกดักตะกอนมาคำนวณหาขนาดตะกอนเฉลี่ยดังนี้

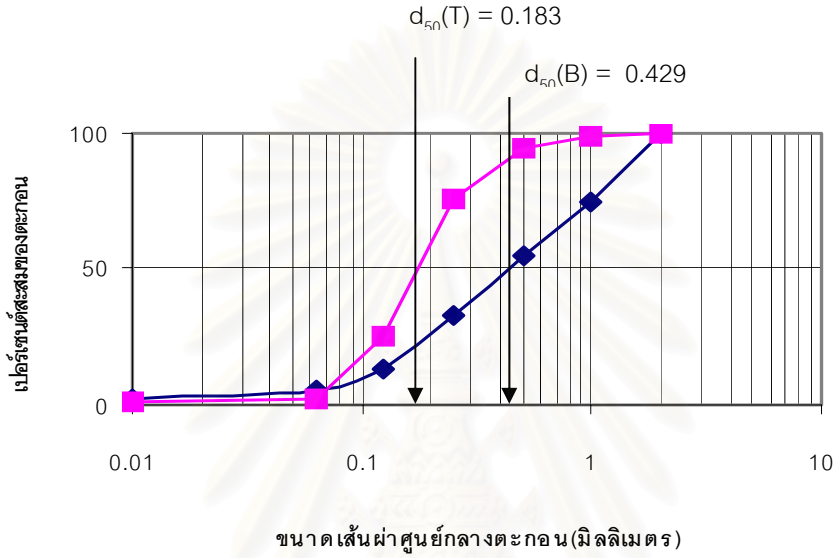
1) หาเปอร์เซนต์ความถี่สะสม

นำค่า Grain size (%) ของตะกอนที่คำนวณได้มาบวกกันโดยเรียงตั้งแต่ขนาดตะกอนที่เล็กที่สุด คือ ขนาดเล็กกว่า 0.063 มิลลิเมตร ไปจนถึงตะกอนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ 2.0 มิลลิเมตร บันทึกค่าในตาราง

2) หาเส้นโค้งการกระจายตัวของขนาดตะกอนแบบสะสม (Cumulative distribution curve)

นำค่าที่ได้จากในตารางข้างต้น มา plot เป็นเส้นกราฟแบบเส้นโค้งการกระจายตัวของขนาดตะกอนสะสม โดยใช้โปรแกรมการสร้างเส้นกราฟ semi-log ใน Excel เส้นโค้งการกระจายตัวที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ ค.1 และ รูปที่ ง.1 – ง.5

อ่านค่าที่แกน x ของเส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอนสะสมเป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอน และค่าบนแกน y เป็นค่าของเปอร์เซนต์ปริมาณตะกอนสะสมของตะกอนแต่ละขนาด ซึ่งในการหาค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอนจะใช้ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 50 (d_{50}) โดยการลากเส้นในแนวดิ่งผ่านจุดที่เส้นโค้งการกระจายอยู่ที่ระดับเปอร์เซนต์สะสมที่ 50 ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการหาค่า d_{50} จากกราฟ semi - log ระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอน กับเปอร์เซนต์สะสมของตะกอนบนชั้นตะแกรง

ในรูปที่ 3.2 ค่า d_{50}(T) แทน ค่าเฉลี่ยของตะกอนในกระบอกดักตะกอน และ d_{50}(B) แทนค่าเฉลี่ยของตะกอนที่พื้น จากในรูปค่า d_{50}(T) และ d_{50}(B) เป็นค่าของขนาดตะกอนเฉลี่ยซึ่งเป็นค่าที่อ่านได้จากค่าบนแกน X โดยที่ค่า d_{50}(T) เป็นค่ามัธยฐานของตะกอนจากกระบอกดักตะกอน และค่า d_{50}(B) เป็นค่ามัธยฐานของตะกอนที่พื้นตำแหน่งเดียวกันกับในกระบอกดักตะกอน และสำหรับการหาค่า d_{50} ของตะกอนที่พื้นบริเวณรอบที่ทำการทดลอง ก็ใช้วิธีการหาขนาดตะกอนเฉลี่ยโดยวิธีนี้เช่นกัน ซึ่งค่าขนาดตะกอนเฉลี่ยที่อ่านได้จากเส้นกราฟมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ซึ่งอาจคำนวณได้จากสูตรของ Raudkivi and Breusers (1991) ดังต่อไปนี้

$$\bar{d} = \frac{\sum_{P=0}^{100\%} \bar{d}_i p_i}{\sum_{P=0}^{100\%} p_i} \quad ; \quad \bar{d}_i = 1/2\,(d_i + d_{i+1})$$

3.5.2 การวิเคราะห์หาค่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤต (U_{mc})

จากข้อมูลขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) นำไปหาค่าความเร็วที่ทำให้เกิดความเค้น (U_c^*) จากในเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอนทรายขนาดต่างๆ กับค่ากำลังสองของความเค้นที่มีต่อขีดเริ่มที่ทำให้ตะกอนทรายแต่ละขนาดเริ่มขยับและเคลื่อนที่ ซึ่งได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก จ แล้วแทนค่าต่างๆ ลงในสูตร

การคำนวณหาค่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤตใช้สูตรของ Schwartz (1982) ดังนี้

$$U_{mc} = \frac{R^{1/6}.\,U_c^*}{g^{1/2}.n}$$

โดยที่ U_{mc} = ความเร็วกระแสน้ำวิกฤต (Critical velocity) เป็นค่าที่คำนวณได้หน่วยเป็นเซนติเมตร/ วินาที

U_c^* = ความเร็วที่ทำให้เกิดความเค้น (Shear velocity) เป็นค่าที่ได้จากการใช้เส้นกราฟของ Kurihara (1964) และ Iwagaki (1956) หน่วยเป็นเซนติเมตร/ วินาที

R = hydraulic radius ซึ่งใช้ค่าเป็น 5 เมตร

n = ค่าสัมประสิทธิ์ลักษณะความหยาบของตะกอน (Manning' s roughness coefficiency) ซึ่งใช้ค่าเป็น 0.024

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งใช้ค่าเป็น 9.8 เมตร/ วินาที ^{2}

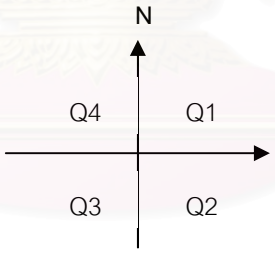
3.5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลกระแสน้ำ

1) ความเร็วกระแสน้ำสูงสุด(V_{max}) โดยดูจากค่าความเร็วสูงสุด และทิศทางของความเร็วกระแสน้ำที่บันทึกได้

2) ความเร็วกระแสน้ำต่ำสุด(V_{min}) โดยดูจากค่าความเร็วต่ำสุด และทิศทางของความเร็วกระแสน้ำที่บันทึกได้

3) ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย (V_{av})

นำข้อมูลความเร็วกระแสน้ำที่จดรายชั่วโมง มาแตกออกเป็นเวคเตอร์ใน 2 แนว คือ ในแนวนอน (ทิศตะวันออก-ตก) และในแนวดิ่ง (ทิศเหนือ-ใต้) และให้เวคเตอร์ที่ชี้ไปทางทิศตะวันออกมีเครื่องหมายเป็น “บวก (+)” และ เวคเตอร์ที่ชี้ไปทางทิศตะวันตกมีเครื่องหมายเป็น “ลบ (-)” สำหรับเวคเตอร์ในแนวดิ่งถ้าชี้ไปทางทิศเหนือให้มีเครื่องหมายเป็น “บวก (+)” และ เวคเตอร์ที่ชี้ไปทางทิศใต้ให้มีเครื่องหมายเป็น “ลบ (-)” ซึ่งมุมที่ได้จากการบันทึกจากในเครื่องวัดกระแสน้ำจะเป็นมุมที่คิดเทียบกับทิศเหนือไปในทิศตามเข็มนาฬิกา (θ') แต่ในการคำนวณทางตรีโกณมุมจะเป็นศูนย์ที่เส้นแกน x ด้านขวามือแล้วหมุนวนไปในทิศทวนเข็มนาฬิกา ดังนั้นในการคำนวณหาค่าความเร็วจึงต้องแปลงมุมโดยดูว่าเวคเตอร์ความเร็วที่วัดได้ตกอยู่ที่ Quadrant ใด แล้วคำนวณเวคเตอร์ทั้ง 2 แนว ดังนี้



Quadrant ที่ 1 : ความเร็วกระแสน้ำในแนวนอน (v_x) = $v \cos (90^\circ - \theta)$

ความเร็วกระแสน้ำในแนวนอน (v_y) = $v \sin (90^\circ - \theta)$

Quadrant ที่ 2 : ความเร็วกระแสน้ำในแนวนอน (v_x) = $v \cos (\theta - 90^\circ)$

ความเร็วกระแสน้ำในแนวนอน (v_y) = $- v \sin (\theta - 90^\circ)$

Quadrant ที่ 3 : ความเร็วกระแสน้ำในแนวนอน (v_x) = $- v \cos (270^\circ - \theta)$

ความเร็วกระแสน้ำในแนวนอน (v_y) = $- v \sin (270^\circ - \theta)$

Quadrant ที่ 4 : ความเร็วกระแสน้ำในแนวนอน (v_x) = $- v \cos (\theta - 270^\circ)$

ความเร็วกระแสน้ำในแนวนอน (v_y) = $v \sin (\theta - 270^\circ)$

อัตราเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยคำนวณได้จากการรวมความเร็วกระแสน้ำในแนวนอนและแนวดิ่งดังนี้

$$V_{av(x)} = \frac{v_{x1} + v_{x2} + \ldots + v_{x(n-1)} + v_{x(n)}}{n}$$

$$V_{av(y)} = \frac{v_{y1} + v_{y2} + \ldots + v_{y(n-1)} + v_{y(n)}}{n}$$

$$v_{av} = (V_{av(x)}^{2} + V_{av(y)}^{2})^{1/2}$$

และทิศทางกระแสน้ำคำนวณได้ดังนี้

$$\theta = \tan^{-1} \frac{|V_{av(y)}|}{|V_{av(x)}|}$$

มุม θ ที่คำนวณได้นี้ เป็นมุมที่เริ่มที่เส้นแกน x แล้วหมุนทวนเข็มนาฬิกา ดังนั้นในการหาทิศทางกระแสน้ำเฉลี่ยที่แท้จริงจะต้องเปลี่ยนมุมที่คำนวณได้นี้ไปปรับเทียบกับทิศเหนือดังนี้

ถ้า θ ที่ได้จากการคำนวณตกอยู่ใน Quadrant ที่ 1(v_x เป็น + และ v_y เป็น +)
มุมเทียบกับทิศเหนือ (θ') = $90^{\circ} - \theta$

ถ้า θ ที่ได้จากการคำนวณตกอยู่ใน Quadrant ที่ 2 (v_x เป็น + และ v_y เป็น -)
มุมเทียบกับทิศเหนือ (θ') = $90^{\circ} + \theta$

ถ้า θ ที่ได้จากการคำนวณตกอยู่ใน Quadrant ที่ 3 (v_x เป็น - และ v_y เป็น -)
มุมเทียบกับทิศเหนือ (θ') = $270^{\circ} - \theta$

ถ้า θ ที่ได้จากการคำนวณตกอยู่ใน Quadrant ที่ 4 (v_x เป็น - และ v_y เป็น +)
มุมเทียบกับทิศเหนือ (θ') = $270^{\circ} + \theta$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

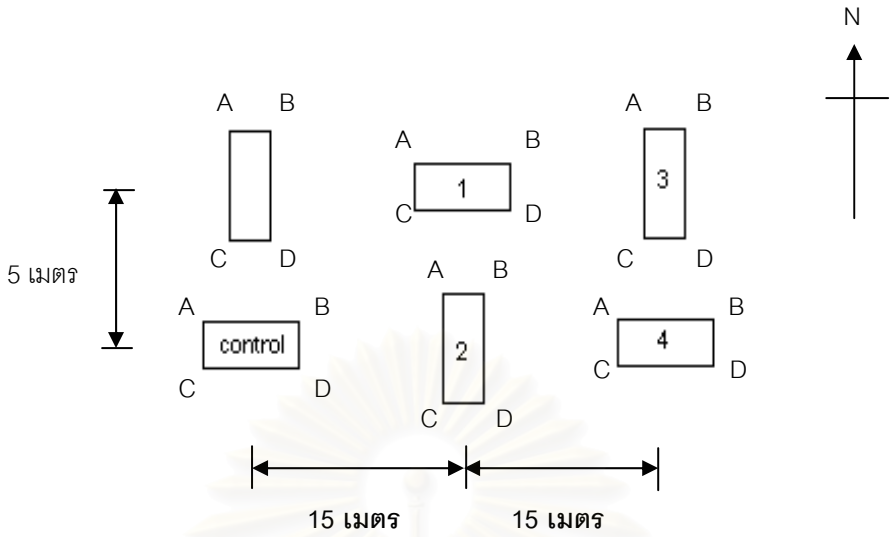
3.5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะสิ่งแวดล้อมทางกายภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย ความสูงคลื่นเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยแบบรายเดือน และข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงบริเวณปากแม่น้ำระยองและแหลมสิงห์แบบรายชั่วโมงปี พ.ศ. 2544 โดยทำการวิเคราะห์ดังนี้

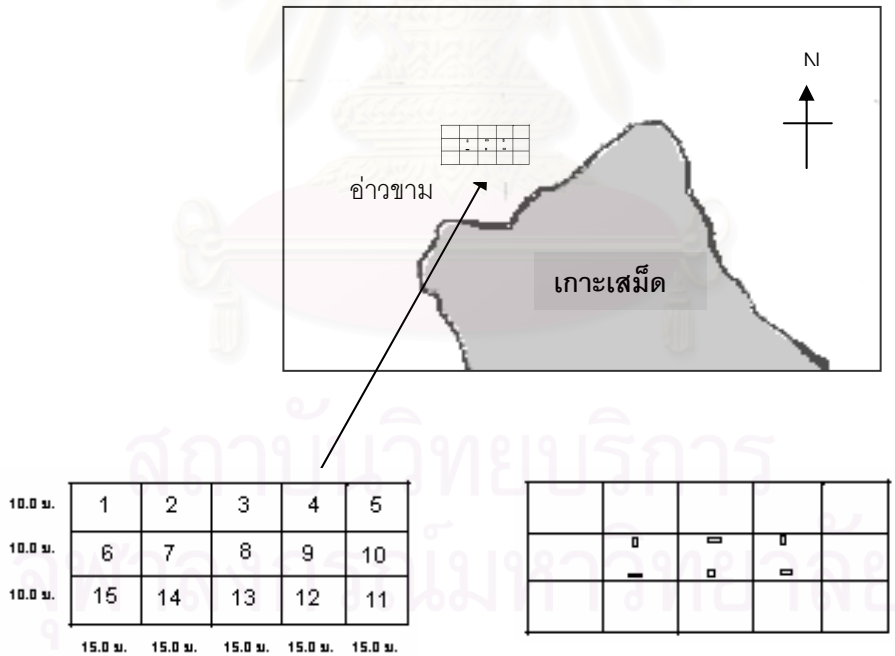
1) ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยแยกออกเป็นอัตราเร็วหน่วยเป็นน็อต และทิศทางเป็นองศาจากทิศเหนือ อัตราเร็วลมเฉลี่ยหน่วยเป็นน็อต ความสูงคลื่นหน่วยเป็นเมตร และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยหน่วยเป็นมิลลิเมตร/วัน แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาแสดงเป็นกราฟแท่งอัตราเร็วลมเฉลี่ย อัตราเร็วลมสูงสุด และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

2) ข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงบริเวณปากแม่น้ำระยองและแหลมสิงห์ ได้วิเคราะห์จากการแบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของความเร็วกระแสน้ำเมื่อน้ำขึ้น และอีกกลุ่มหนึ่ง คือ กลุ่มของความเร็วกระแสน้ำเมื่อน้ำลง แล้วนำมาหาอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำแบบเฉลี่ยในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง โดยการแตกแรงและรวมแรงแบบเวคเตอร์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลกระแสน้ำดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.5.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

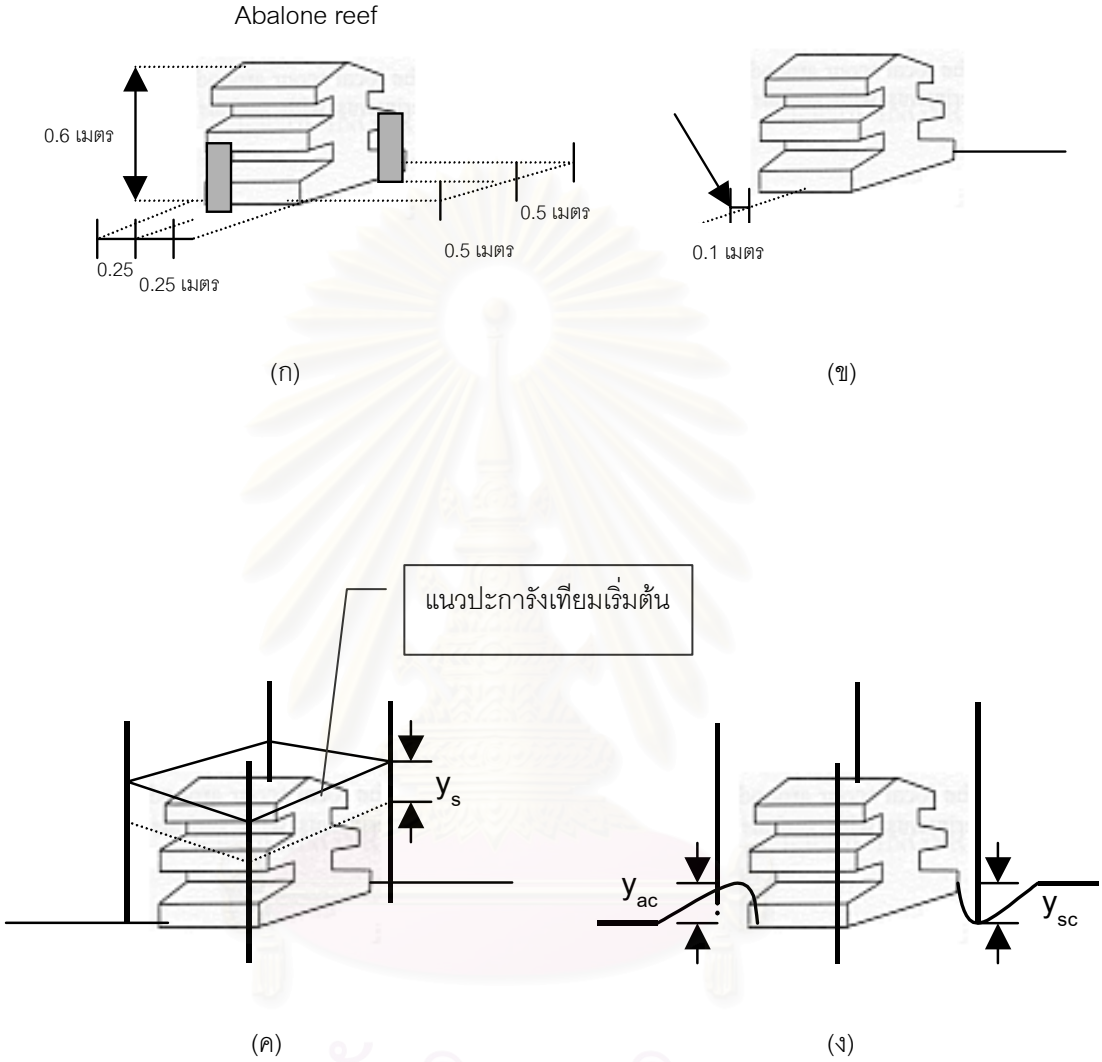


รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะการวางปะการังเทียมแต่ละก้อน



ตำแหน่งขุดตะกอน ตำแหน่งวางปะการังเทียม

รูปที่ 3.4 ตำแหน่งขุดตะกอนที่พื้นก่อนและหลังการวางปะการังเทียม และตำแหน่งวางก้อนปะการังเทียม



รูปที่ 3.5 ปะการังเทียมรูปแบบที่ใช้ในการทดลอง และการติดตามข้อมูลภาคสนาม

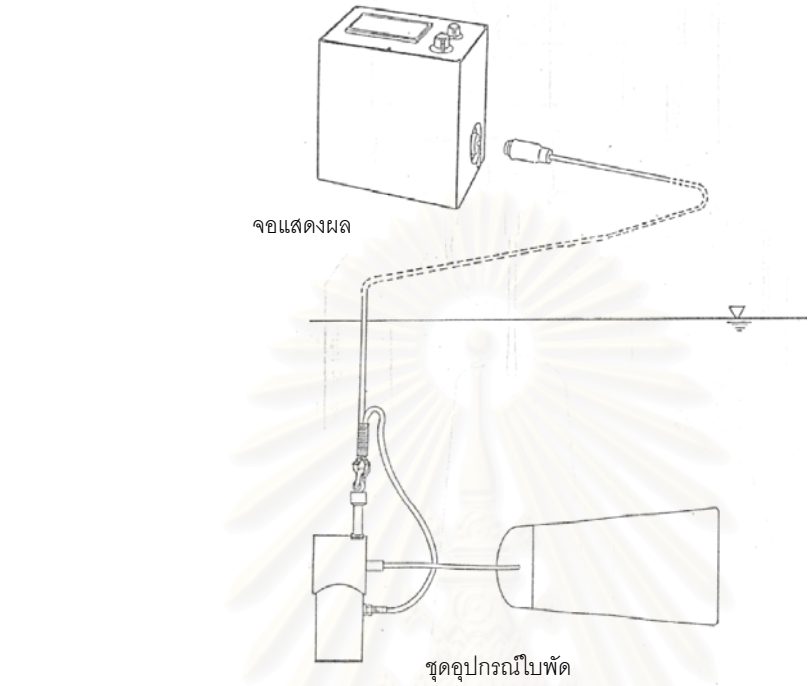
(ก) ตำแหน่งวางกระบอกดักตะกอน

(ข) ตำแหน่งขุดตะกอน

(ค) ตำแหน่งเสาและวิธีการวัดการจมตัวของก้อนปะการังเทียม (y_s)

(ง) ตำแหน่งเสาและวิธีการวัดเสาวัดการพอก(y_{ac}) และการเซาะตัวออก(y_{sc}) ของตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดกระแสน้ำ

(ก) ชุดอุปกรณ์ใบพัดต่อกับจอแสดงผล

(ข) การติดตั้งเครื่องวัดกระแสน้ำในขณะที่ทำการวัดกระแสน้ำ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ลักษณะสิ่งแวดล้อมทางกายภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา

ลักษณะของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการจมตัวของปะการังเทียมนั้น ได้แก่ ลักษณะทางอุทกวิทยา ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาทางทะเล และลักษณะทางธรณีวิทยา จากการสังเกต ตรวจวัด และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ได้ผลดังนี้

4.1.1 ลักษณะทางอุทกวิทยา

ลักษณะทางอุทกวิทยารวบรวมจากผลการศึกษา 2 ส่วนคือ คือ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองวัดความเร็วกระแสน้ำในบริเวณที่ทำการทดลองจริง และใช้ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่าบริเวณปากแม่น้ำระยองและแหลมสิงห์ซึ่งวัดได้จริงใน ปี พ.ศ. 2544

<u>ความเร็วกระแสน้ำ</u>

วัดกระแสน้ำในช่วงวันที่เป็นน้ำเกิด (Spring tide) ในวันที่ 4 - 5 เมษายน 2544 และ 21 - 22 มิถุนายน 2544 ช่วงวันที่เป็นน้ำตาย (Neap tide) ในวันที่ 21 - 22 พฤษภาคม 2544 และ 8 - 9 กันยายน 2544 ซึ่งได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.1 - 4.4

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำแบบรายชั่วโมงตั้งแต่เวลา 18.00 น. ของวันที่ 4 เมษายน 2544 ถึง เวลา 18.00 น. ของวันที่ 5 เมษายน 2544 พบว่า กระแสน้ำมีความเร็วสูงสุดที่เวลา 5.00 น. ซึ่งวัดอัตราเร็วได้ 37 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 75 องศาเหนือ ความเร็วต่ำสุดที่เวลา 10.00 น. ซึ่งวัดอัตราเร็วได้ 6 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 200 องศาเหนือ และคำนวณความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยได้ 6 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 8 องศาเหนือ ซึ่งแสดงค่าในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำแบบรายชั่วโมงตั้งแต่เวลา 10.00 น.ของวันที่ 21 พฤษภาคม 2544 ถึง เวลา 10.00 น. ของวันที่ 22 พฤษภาคม 2544 พบว่า กระแสน้ำมี

ความเร็วสูงสุดที่เวลา 18.00 น. ซึ่งวัดอัตราเร็วได้ 62 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 70 องศาเหนือ ความเร็วต่ำสุดที่เวลา 10.00 น. ซึ่งวัดอัตราเร็วได้ 18 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 190 องศาเหนือ และคำนวณความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยได้ 19 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 81 องศาเหนือ ซึ่งแสดงค่าในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.3 แสดงอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำแบบรายชั่วโมงตั้งแต่เวลา 18.00 น. ของวันที่ 21 มิถุนายน 2544 ถึง เวลา 18.00 น. ของวันที่ 22 มิถุนายน 2544 พบว่า กระแสน้ำมีความเร็วสูงสุดที่เวลา 7.00 น. ซึ่งวัดอัตราเร็วได้ 88 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 60 องศาเหนือ และมีความเร็วต่ำสุดที่เวลา 16.00 น. ซึ่งวัดอัตราเร็วได้ 5 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 265 องศาเหนือ และคำนวณความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยได้ 27 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 65 องศาเหนือ ซึ่งแสดงค่าในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำแบบรายชั่วโมงตั้งแต่เวลา 17.00 น. ของวันที่ 8 กันยายน 2544 ถึง เวลา 17.00 น. ของวันที่ 9 กันยายน 2544 พบว่า กระแสน้ำมีความเร็วสูงสุดที่เวลา 23.00 น. ซึ่งวัดอัตราเร็วได้ 51 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 60 องศาเหนือ และมีความเร็วต่ำสุดที่เวลา 19.00 น. ซึ่งวัดอัตราเร็วได้ 4 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 265 องศาเหนือ และคำนวณความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยได้ 15 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 63 องศาเหนือ ซึ่งแสดงค่าในตารางที่ 4.5

และแสดงรูปอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำทั้ง 4 ครั้งที่ได้ทดลองวัดกระแสน้ำเป็นขนาดและทิศทางกระแสน้ำรายชั่วโมง ในรอบวันบริเวณที่ทำการทดลองในรูปที่ 4.1 - 4.4 (ก)

<u>ระดับน้ำขึ้นน้ำลง</u>

ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า เป็นข้อมูลซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแต่ละชั่วโมง ซึ่งได้แสดงเป็นเส้นกราฟของระดับน้ำขึ้นน้ำลงหน่วยเป็นเมตร กับ เวลาซึ่งมีหน่วยเป็นชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่ชั่วโมงที่มีการวัดกระแสน้ำเป็นชั่วโมงที่ 1 และเรียงตามลำดับจนกระทั่งครบ 25 ชั่วโมง แสดงในรูปที่ 4.1 - 4.4 (ค)

รูปที่ 4.1 - 4.4 (ค) แสดงให้เห็นว่าระดับการขึ้นลงของน้ำที่ปากแม่น้ำระยองมีความใกล้เคียงกับบริเวณแหลมสิงห์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทีละน้อยในช่วงน้ำตาย คือ ช่วงวันที่ 21 - 22 พฤษภาคม และ วันที่ 8 - 9 กันยายน ซึ่งมีช่วงความต่างของน้ำ (range) โดยเฉลี่ยจากบริเวณปากแม่น้ำระยอง และแหลมสิงห์เป็น 1.06 และ 0.55 เมตร ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงระดับการขึ้นลงของน้ำมากในช่วงน้ำเป็น คือ ในช่วงวันที่ 4 - 5 เมษายน และ วันที่ 21 - 22 มิถุนายน ซึ่งมีช่วงความต่างของน้ำ (range) เป็น 1.40 และ 1.86 ตามลำดับ

นอกจากนี้แล้วข้อมูลระดับน้ำ ยังใช้เพื่อการเปรียบเทียบอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำในช่วงน้ำขึ้นกับอัตราเร็วและทิศทางกระแสน้ำในช่วงน้ำลง ในช่วงวันที่ทำการทดลองวัดกระแสน้ำซึ่งได้แสดงค่าเทียบกับความเร็วกระแสน้ำไว้ในตารางที่ 4.1 - 4.4 โดยการคำนวณหาความเร็วกระแสน้ำเมื่อน้ำขึ้น และความเร็วกระแสน้ำเมื่อน้ำลง ได้แยกข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลความเร็วกระแสน้ำในช่วงที่น้ำกำลังขึ้นกับในช่วงที่น้ำกำลังลง นำค่าของความเร็วในแต่ละชุดมาหาความเร็วเฉลี่ย โดยการแตกแรงแล้วรวมแรงแบบเวคเตอร์ ตามวิธีการคำนวณความเร็วกระแสน้ำแบบเฉลี่ยในบทที่ 3 แสดงค่าที่ได้ในตารางที่ 4.6

จากตารางที่ 4.6 พบว่า อัตราเร็วสูงสุดของกระแสน้ำในช่วงน้ำขึ้นมีค่าเป็น 12.10 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 35 องศาเหนือ และอัตราเร็วสูงสุดของกระแสน้ำในช่วงน้ำลงมีค่าเป็น 16.24 เซนติเมตร/วินาที ในทิศ 13 องศาเหนือ

ทำให้สรุปได้ว่าความเร็วกระแสน้ำสูงสุดเกิดในช่วงน้ำเกิด โดยเฉพาะในช่วงน้ำลงและทิศทางของกระแสน้ำในช่วงน้ำลง จะไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการวัดกระแสน้ำบริเวณอ่าวเพของกรมเจ้าท่า ในตารางที่ 2.4

นำข้อมูลทิศทางกระแสน้ำรายชั่วโมงที่ได้จากการวัดในบริเวณที่ทำการทดลอง แสดงในรูปที่ 4.1-4.4 (ข) โดยแสดงเป็นเส้นความถี่ของการทิศทางกระแสน้ำในแต่ละชั่วโมงโดยเริ่มต้นชั่วโมงที่ 1 ที่ชั่วโมงแรกของการเริ่มวัดกระแสน้ำในครั้งนั้น จากรูปพบว่าความถี่ของกระแสน้ำทั้ง 4 ครั้งอยู่ที่ช่วง 0 ถึง 90 องศาเหนือจากทิศเหนือไปตามเข็มนาฬิกา และเมื่อเทียบกับรูปที่ 4.1-4.4 (ค) พบว่า ทิศทางของกระแสน้ำในแต่ละชั่วโมงไม่มีความสัมพันธ์กับการขึ้นลงของระดับน้ำ

จึงทำให้สรุปได้ว่า กระแสน้ำในบริเวณที่ทำการทดลองได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำชายฝั่งมากกว่ากระแสน้ำขึ้นน้ำลง

4.1.2 ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในบริเวณพื้นที่ทดลองได้รวบรวมจากข้อมูลของสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดระยอง กรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ข้อมูลอัตราเร็วและทิศทางลมโดยเฉลี่ย ความสูงคลื่นเฉลี่ย และ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย แบบรายเดือนในช่วงเดือนที่ได้ทำการทดลอง ดังแสดงค่าในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมเฉลี่ยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ด้วยอัตราเร็วลม 4.1 น็อต ซึ่งพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ และความเร็วลมเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนเมษายน ซึ่งพัดมาจากทิศใต้ และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤษภาคมซึ่งมีปริมาณเป็น 18 มิลลิเมตร/วัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนกรกฎาคมซึ่งมีปริมาณเป็น 5 มิลลิเมตร/วัน และความสูงคลื่นเฉลี่ยมีค่าสูงในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมโดยมีความสูงคลื่นเป็น 0.1-0.5 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 กระแสน้ำช่วงน้ำเกิด (Spring tide) และระดับน้ำในพื้นที่อ้างอิงใกล้เคียง วันที่ 4-5 เมษายน 2544

ชั่วโมงที่	เวลา (นาฬิกา)	อัตราเร็ว (ซม./วินาที)	ทิศทาง (องศา)	ระดับน้ำปากแม่น้ำระยอง(เมตร)*	ระดับน้ำแหลมสิงห์(เมตร)*
1	18.00	12	280	1.86	1.90
2	19.00	19	240	1.85	1.92
3	20.00	13	190	1.93	1.95
4	21.00	7	120	2.12	2.04
5	22.00	6	200	2.36	2.24
6	23.00	11	70	2.57	2.45
7	24.00	14	110	2.76	2.65
8	1.00	11	55	2.94	2.83
9	2.00	10	260	3.11	2.99
10	3.00	8	70	3.18	3.12
11	4.00	17	85	3.29	3.20
12	5.00	37	75	3.32	3.24
13	6.00	27	75	3.31	3.24
14	7.00	27	75	3.26	3.21
15	8.00	14	40	3.20	3.20
16	9.00	10	235	3.15	3.16
17	10.00	16	225	3.08	3.08
18	11.00	16	240	3.00	3.04
19	12.00	9	205	2.92	2.92
20	13.00	7	95	2.80	2.78
21	14.00	11	75	2.68	2.64
22	15.00	18	80	2.58	2.52
23	16.00	25	80	2.44	2.36
24	17.00	27	70	2.28	2.21
25	18.00	25	60	2.13	2.12
ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย : อัตราเร็วเท่ากับ 6 เซนติเมตร/ วินาที และมีทิศทางเท่ากับ 8 องศาเหนือ					

* ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 กระแสน้ำช่วงน้ำตาย (Neap tide) และระดับน้ำในพื้นที่อ้างอิงใกล้เคียง
วันที่ 21-22 พฤษภาคม 2544

ชั่วโมงที่	เวลา (นาฬิกา)	ความเร็ว (ซม./วินาที)	ทิศทาง (องศา)	ระดับน้ำปากแม่น้ำระยอง(เมตร)*	ระดับน้ำแหลมสิงห์(เมตร)*
1	10.00	38	230	1.92	2.22
2	11.00	36	270	1.99	2.28
3	12.00	28	180	2.06	2.36
4	13.00	36	190	2.12	2.43
5	14.00	28	70	2.20	2.52
6	15.00	32	30	2.42	2.56
7	16.00	20	50	2.46	2.65
8	17.00	34	70	2.53	2.68
9	18.00	62	70	2.60	2.70
10	19.00	58	80	2.58	2.72
11	20.00	46	70	2.56	2.72
12	21.00	22	65	2.57	2.74
13	22.00	24	30	2.49	2.79
14	23.00	26	210	2.61	2.76
15	24.00	28	250	2.60	2.88
16	1.00	26	60	2.66	2.87
17	2.00	26	180	2.64	2.84
18	3.00	25	90	2.60	2.84
19	4.00	27	70	2.54	2.61
20	5.00	56	70	2.40	2.56
21	6.00	56	75	2.27	2.41
22	7.00	52	75	2.04	2.16
23	8.00	32	75	1.89	2.05
24	9.00	22	95	1.73	1.94
25	10.00	18	190	1.61	1.80
ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย : อัตราเร็วเท่ากับ 19 เซนติเมตร/ วินาที และมีทิศทางเท่ากับ 81 องศาเหนือ					

* ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 กระแสน้ำช่วงน้ำเกิด (Spring tide) และระดับน้ำในพื้นที่อ้างอิงใกล้เคียง วันที่ 21-22 มิถุนายน 2544

ชั่วโมงที่	เวลา (นาฬิกา)	ความเร็ว (ซม./วินาที)	ทิศทาง (องศา)	ระดับน้ำปากแม่น้ำระยอง(เมตร)*	ระดับน้ำแหลมสิงห์(เมตร)*
1	18.00	34	75	2.92	2.83
2	19.00	68	60	3.04	2.93
3	20.00	84	65	3.08	3.04
4	21.00	68	60	3.13	3.04
5	22.00	36	50	3.08	3.13
6	23.00	24	65	3.11	3.09
7	24.00	14	50	3.12	3.09
8	1.00	18	195	3.02	3.16
9	2.00	12	200	2.96	3.04
10	3.00	16	80	2.90	2.85
11	4.00	43	65	2.72	2.75
12	5.00	72	75	2.45	2.44
13	6.00	74	65	2.22	2.20
14	7.00	88	60	2.00	1.93
15	8.00	72	70	1.72	1.79
16	9.00	55	60	1.49	1.56
17	10.00	14	85	1.32	1.44
18	11.00	36	220	1.23	1.35
19	12.00	13	280	1.25	1.38
20	13.00	25	285	1.40	1.56
21	14.00	34	250	1.66	1.79
22	15.00	12	275	1.87	1.96
23	16.00	5	265	2.28	2.34
24	17.00	28	55	2.50	2.44
25	18.00	24	75	2.92	2.61
ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย : อัตราเร็วเท่ากับ 27 เซนติเมตร/ วินาที และมีทิศทางเท่ากับ 65 องศาเหนือ					

* ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า

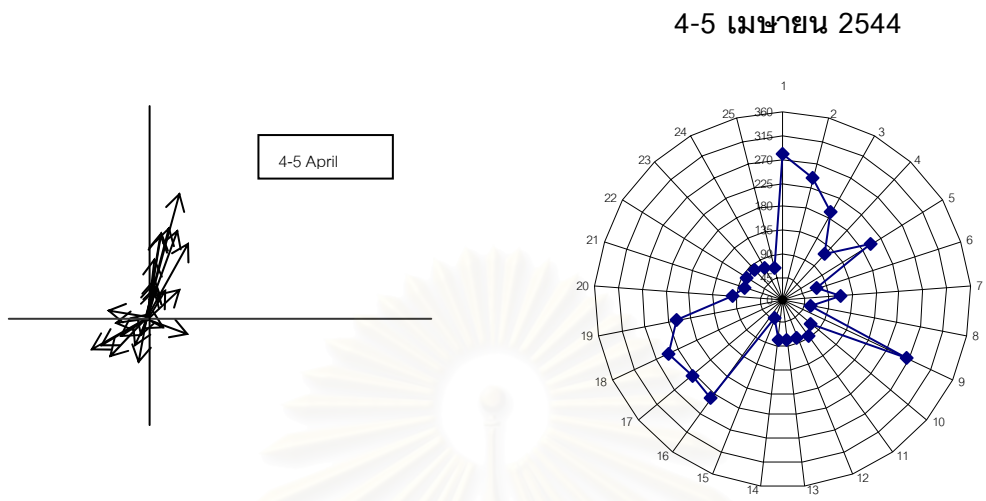
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 กระแสน้ำช่วงน้ำตาย (Neap tide) และระดับน้ำในพื้นที่อ้างอิงใกล้เคียง วันที่ 8-9 กันยายน 2544

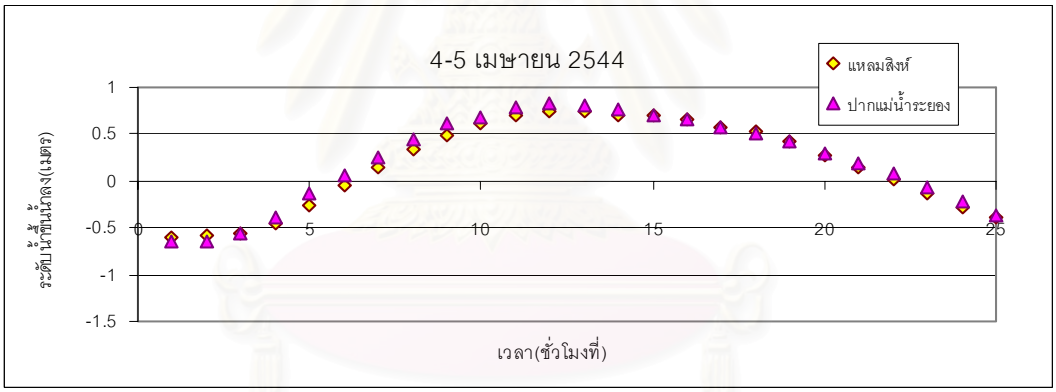
ชั่วโมงที่	เวลา (นาฬิกา)	ความเร็ว (ซม./วินาที)	ทิศทาง (องศา)	ระดับน้ำปากแม่น้ำระยอง(เมตร)*	ระดับน้ำแหลมสิงห์(เมตร)*
1	17.00	9	40	-	2.80
2	18.00	7	0	-	2.80
3	19.00	4	0	-	2.83
4	20.00	36	60	-	2.80
5	21.00	44	80	-	2.70
6	22.00	46	65	-	2.64
7	23.00	51	60	-	2.48
8	24.00	24	50	-	2.36
9	1.00	8	275	-	2.28
10	2.00	22	230	-	2.28
11	3.00	23	210	-	2.28
12	4.00	8	35	-	2.33
13	5.00	6	10	-	2.38
14	6.00	12	55	-	2.53
15	7.00	25	50	-	2.49
16	8.00	14	75	-	2.56
17	9.00	22	75	-	2.61
18	10.00	33	60	-	2.52
19	11.00	34	70	-	2.54
20	12.00	40	60	-	2.56
21	13.00	30	65	-	2.50
22	14.00	23	260	-	2.56
23	15.00	17	240	-	2.63
24	16.00	5	190	-	2.70
25	17.00	12	340	-	2.79
ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย : อัตราเร็วเท่ากับ 15 เซนติเมตร/ วินาที และมีทิศทางเท่ากับ 63 องศาเหนือ					

* ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก) (ข)



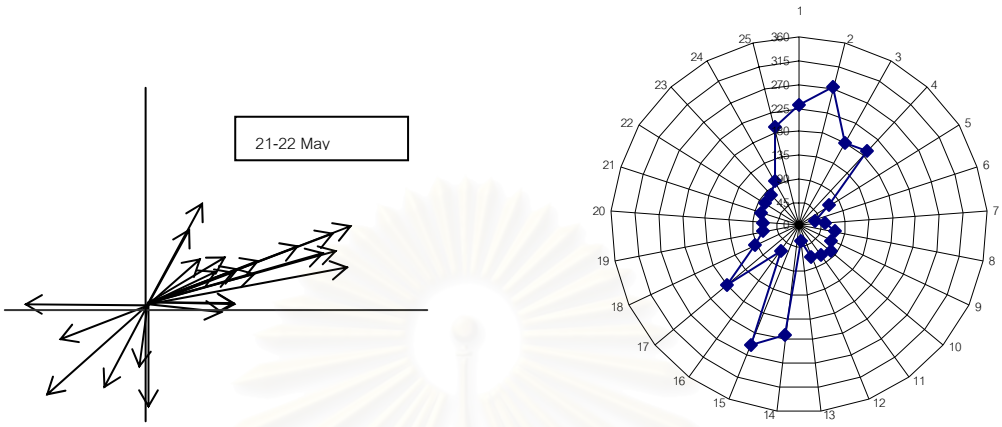
(ค)

รูปที่ 4.1 กระแสน้ำ และระดับน้ำขึ้นน้ำลงในเดือนเมษายน

(ก) ขนาดและทิศทางของกระแสน้ำรายชั่วโมง ในรอบวันบริเวณที่ทำการทดลอง

(ข) ทิศทางกระแสน้ำรายชั่วโมง ในรอบวันที่ทำการวัดกระแสน้ำ

(ค) ระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า



(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 4.2 กระแสน้ำ และระดับน้ำขึ้นน้ำลงในเดือนพฤษภาคม

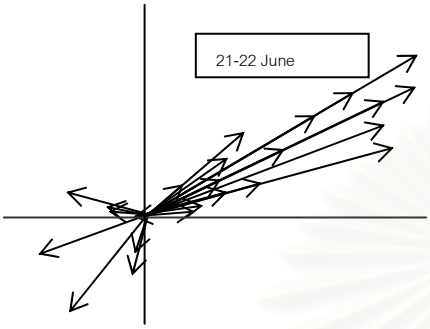
(ก) ขนาดและทิศทางของกระแสน้ำรายชั่วโมง ในรอบวันบริเวณที่ทำการทดลอง

(ข) ทิศทางกระแสน้ำรายชั่วโมง ในรอบวันที่ทำการวัดกระแสน้ำ

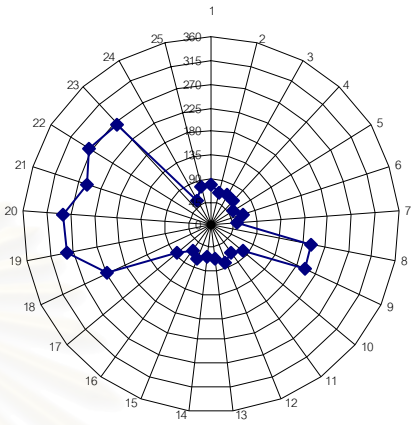
(ค) ระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

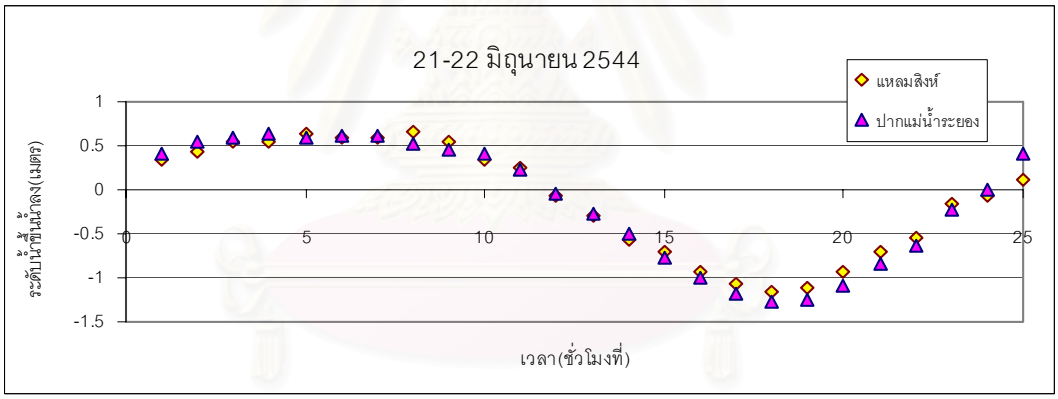
21-22 มิถุนายน 2544



(ก)



(ข)



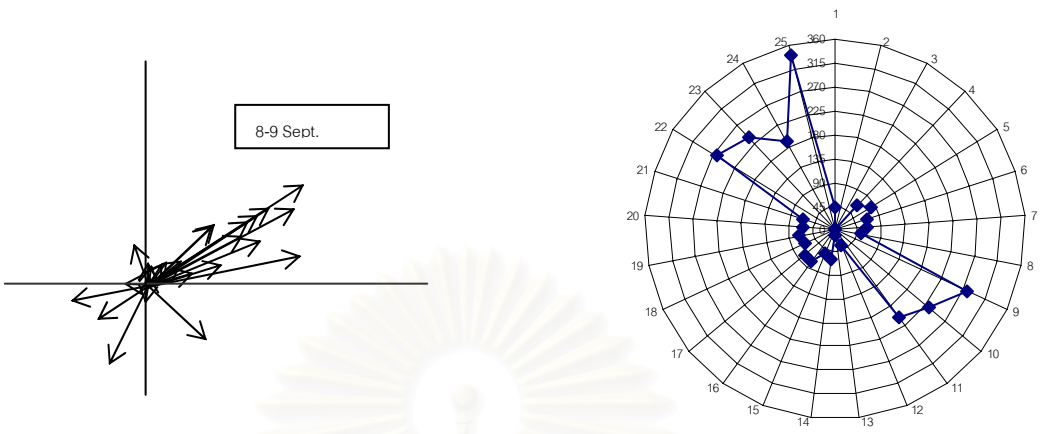
(ค)

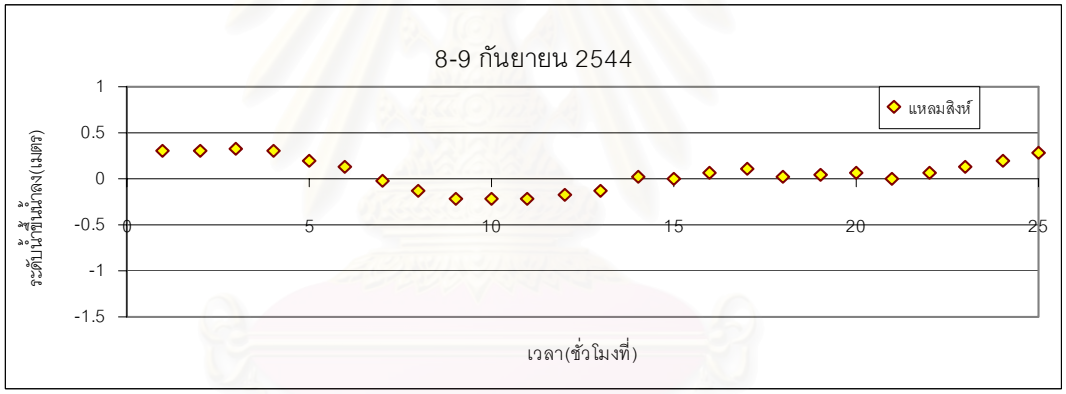
รูปที่ 4.3 กระแสน้ำ และระดับน้ำขึ้นน้ำลงในเดือนมิถุนายน

(ก) ขนาดและทิศทางของกระแสน้ำรายชั่วโมง ในรอบวันบริเวณที่ทำการทดลอง

(ข) ทิศทางกระแสน้ำรายชั่วโมง ในรอบวันที่ทำการวัดกระแสน้ำ

(ค) ระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า





(ค)

รูปที่ 4.4 กระแสน้ำ และระดับน้ำขึ้นน้ำลงในเดือนกันยายน

(ก) ขนาดและทิศทางของกระแสน้ำรายชั่วโมง ในรอบวันบริเวณที่ทำการทดลอง

(ข) ทิศทางกระแสน้ำรายชั่วโมง ในรอบวันที่ทำการวัดกระแสน้ำ

(ค) ระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมเจ้าท่า

4.2 ลักษณะตะกอนบริเวณรอบที่ทำการทดลอง และรอบปะการังเทียม

4.2.1 ลักษณะตะกอนบริเวณรอบที่ทำการทดลอง

ทำการขุดตะกอนบริเวณรอบพื้นที่ทำการทดลอง 15 จุด แล้วนำตะกอนมาหาค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอน (ค่า d_{50}) ของแต่ละจุด โดยใช้เส้นโค้งการกระจายตัวดังในรูปที่ ค.1 แล้วบันทึกค่า d_{50} ที่อ่านได้จากเส้นโค้งฯ ในตารางที่ 4.8

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ก่อนวางปะการังเทียมตะกอนที่พื้นมีขนาดตะกอนเฉลี่ยใหญ่ที่สุดบริเวณจุดที่ 10 ขนาดตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.581 มิลลิเมตร และมีขนาดตะกอนเฉลี่ยเล็กที่สุดบริเวณจุดที่ 15 ขนาดตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.096 มิลลิเมตร หลังจากเสร็จสิ้นการทดลองตะกอนที่พื้นมีขนาดตะกอนเฉลี่ยใหญ่ที่สุดบริเวณจุดที่ 1 ขนาดตะกอนเท่ากับ 0.421 มิลลิเมตร และมีขนาดตะกอนเฉลี่ยเล็กที่สุดบริเวณจุดที่ 15 ขนาดตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.085 มิลลิเมตร

ซึ่งเห็นได้ว่าตำแหน่งของขนาดตะกอนเฉลี่ยที่มีค่ามากที่สุดเปลี่ยนจากจุดที่ 10 ไปเป็นบริเวณจุดที่ 1 แต่ตะกอนมีขนาดเล็กที่สุดยังคงเป็นจุดเดิม คือ จุดที่ 15

นำข้อมูลขนาดตะกอนเฉลี่ย แต่ละจุดก่อนวางปะการังเทียม และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง นำมาแสดงเป็นรูปเทียบกับกระแสน้ำโดยเฉลี่ยในบริเวณที่ทำการทดลอง และแนวชายฝั่งในรูปที่ 4.5 จากรูปพบว่า ขนาดตะกอนเฉลี่ยบริเวณที่ทำการทดลองก่อนวางฯ บริเวณจุดที่ 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15 มีขนาดเล็กกว่า บริเวณจุดที่ 1, 2, 3, 4, 5, 9 และ10 ซึ่งอยู่ไกลฝั่งออกไป และเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองตะกอนมีขนาดเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปโดยขนาดตะกอนในแถวที่ 1 ได้แก่ จุดที่ 1 – 5 มีขนาดตะกอนเฉลี่ยเล็กลงยกเว้นจุดที่ 1 ซึ่งมีขนาดตะกอนเฉลี่ยเท่าเดิม สำหรับแถวที่ 2 ได้แก่ จุดที่ 6 – 10 มีขนาดตะกอนเฉลี่ยเล็กลงเช่นกัน และสำหรับแถวที่ 3 ได้แก่ จุดที่ 11 – 15 จะมีขนาดตะกอนเฉลี่ยเล็กลงบริเวณจุดที่ 14 และ15 แต่บริเวณจุดที่ 11, 12 และ 13 มีขนาดตะกอนเฉลี่ย ใหญ่ขึ้น

เมื่อพิจารณาที่ขนาดตะกอนเฉลี่ยและกระแสน้ำประจำถิ่น พบว่า จุดที่ 11, 12 และ13 ซึ่งมีขนาดตะกอนที่ใหญ่ขึ้นนั้นอยู่บริเวณด้านปะทะกระแสน้ำ ของกลุ่มปะการังเทียมทดลอง ซึ่งได้วางปะการังเทียมไว้ในตำแหน่งที่ 7, 8 และ 9 ในรูปที่ 3.4 และบริเวณด้านหลังของกลุ่มปะการังเทียม คือ จุดที่ 1 – 10, 14 และ15 จะมีขนาดตะกอนที่เล็กลง

4.2.2 ลักษณะตะกอนรอบก้อนปะการังเทียม

ลักษณะตะกอนรอบก้อนปะการังเทียม ได้ศึกษาจากการนำตะกอนในกระบอกดักตะกอนและตะกอนที่ขุดจากพื้นบริเวณฐานรอบก้อนปะการังเทียมขึ้นมา แล้วหาขนาดตะกอนเฉลี่ย (ค่า d_{50}) จากเส้นโค้งการกระจายตัวในรูปที่ ง.1 – ง.5 บันทึกค่าที่อ่านได้ในตารางที่ 4.9

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอน ระหว่างเดือน ด้านหรือทิศ และก้อนบันทึกค่าในตารางที่ 4.10 พบว่า

- ขนาดตะกอนเฉลี่ยในกระบอกฯ ระหว่างเดือนที่มีค่ามากที่สุดเป็นตะกอนของเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 0.158 มม. ขนาดตะกอนเฉลี่ยที่พื้นมีค่ามากที่สุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 0.307 มม. และขนาดตะกอนเฉลี่ยในกระบอกฯ ที่มีค่าน้อยที่สุดพบในเดือนเมษายน เท่ากับ 0.030 มม. ขนาดตะกอนเฉลี่ยที่พื้นมีค่าน้อยที่สุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 0.248 มม.

- ขนาดตะกอนเฉลี่ยระหว่างด้านในกระบอกฯ ที่มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ด้านทิศตะวันตก เท่ากับ 0.120 มม. ขนาดตะกอนเฉลี่ยที่พื้นมีค่ามากที่สุดอยู่ที่มุม C เท่ากับ 0.289 มม. และขนาดตะกอนเฉลี่ยในกระบอกฯ ที่มีค่าน้อยที่สุดอยู่ทางด้านทิศใต้เท่ากับ 0.105 มม. ขนาดตะกอนเฉลี่ยที่พื้นมีค่าน้อยที่สุดที่มุม D เท่ากับ 0.258 มม.

- ขนาดตะกอนเฉลี่ยในกระบอกฯ ระหว่างก้อนที่มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ก้อนที่ 3 เท่ากับ 0.126 มม. ขนาดตะกอนเฉลี่ยที่พื้นมีค่ามากที่สุดอยู่ที่ก้อนที่ 1 เท่ากับ 0.345 มม. และขนาดตะกอนเฉลี่ยในกระบอกฯ ที่มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ก้อนที่ 4 เท่ากับ 0.105 มม. ขนาดตะกอนเฉลี่ยที่พื้นมีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ก้อนที่ 4 เท่ากับ 0.216 มม.

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดตะกอนที่ d_{50} ในแต่ละเดือน ด้านหรือทิศ และก้อน ในตารางที่ 4.9 พบว่า

- ในเดือนเมษายน ตะกอนในกระบอกดักตะกอนมีขนาดใหญ่ที่สุดที่ก้อนที่ 1 ด้านทิศเหนือ มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.136 มม. และที่พื้นอยู่ที่ก้อนที่ 1 มุม B มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.350 มม.

- ในเดือนมิถุนายน ตะกอนในกระบอกดักตะกอนมีขนาดใหญ่ที่สุดที่ก้อนที่ 1 ด้านทิศเหนือ มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.174 มม. และที่พื้นอยู่ที่ก้อนที่ 1 มุม D มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.500 มม.

- ในเดือนกรกฎาคม ตะกอนในกระบอกดักตะกอนมีขนาดใหญ่ที่สุดที่ก้อนที่ 3 ด้านทิศใต้ มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.197 มม. และที่พื้นอยู่ที่ก้อนที่ 1 มุม A มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.372 มม.

- ในเดือนสิงหาคม ตะกอนในกระบอกดักตะกอนมีขนาดใหญ่ที่สุดที่ก้อนที่ 2 ด้านทิศใต้ มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.174 มม. และที่พื้นอยู่ที่ก้อนที่ 2 มุม B มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.647 มม.

- ในเดือนกันยายน ตะกอนในกระบอกดักตะกอนมีขนาดใหญ่ที่สุดที่ก้อนที่ 3 ด้านทิศใต้ มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.175 มม. และที่พื้นอยู่ที่ก้อนที่ 1 มุม B มีค่า d_{50} เท่ากับ 0.432 มม.

จากรูปที่ 4.6 พบว่า ตะกอนในกระบอกดักตะกอนมีขนาดใหญ่ขึ้นในบางตำแหน่งตั้งแต่เดือนมิถุนายน ต่อมาในเดือนกรกฎาคมตะกอนในกระบอกฯ จะมีขนาดตะกอนใหญ่ขึ้นทุกตำแหน่ง ในเดือนสิงหาคมตะกอนในกระบอกฯ จะมีขนาดเล็กลงแทบทุกตำแหน่ง และสุดท้ายในเดือนกันยายนจะมีขนาดตะกอนใหญ่ขึ้นในหลายบริเวณ สำหรับบริเวณพื้นรอบปะการังเทียมจะมีจำนวนตำแหน่งที่ขนาดตะกอนใหญ่ขึ้นมากที่สุดในเดือนสิงหาคม และในเดือนอื่นจะมีจำนวนตำแหน่งที่ขนาดตะกอนเล็กลงและใหญ่ขึ้นใกล้เคียงกัน ดังนั้นเนื่องจากกระบอกดักตะกอนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนที่ของตะกอนที่เคลื่อนที่เข้ามารอบปะการังเทียม จึงสรุปได้ว่า ตะกอนที่อยู่ในในกระบอกฯ เกิดจากการเคลื่อนที่เข้ามาบริเวณรอบก้อนปะการังเทียม และที่พื้นจะมีทั้งการเคลื่อนที่เข้าและออกของตะกอน ซึ่งจากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของขนาดตะกอนเฉลี่ยที่พื้นกับในกระบอกฯ พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน ดังนั้นจึงน่าจะมีทั้งการเคลื่อนที่เข้าและออกบริเวณรอบปะการังเทียม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 ค่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤตของตะกอน

การวิเคราะห์หาค่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤตของตะกอนรอบบริเวณที่ทำการทดลอง โดยการแทนค่าขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) ในสูตรการหาความเร็วกระแสน้ำวิกฤต แล้วบันทึกค่าในตารางที่ 4.8 จากในตารางพบว่า ก่อนวางปะการังเทียม ความเร็วกระแสน้ำวิกฤตที่มีค่ามากสุดอยู่ที่จุดที่ 10 ขนาดตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.581 มิลลิเมตร คำนวณความเร็วกระแสน้ำวิกฤตได้เท่ากับ 26.4 เซนติเมตร/ วินาที และความเร็วกระแสน้ำวิกฤตที่น้อยที่สุดอยู่ที่จุดที่ 15 ขนาดตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.096 มิลลิเมตร คำนวณความเร็วกระแสน้ำวิกฤตได้เท่ากับ 10.2 เซนติเมตร/ วินาที และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง ความเร็วกระแสน้ำวิกฤตที่มีค่ามากที่สุดอยู่ที่จุดที่ 1 ขนาดตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.421 มิลลิเมตร คำนวณความเร็วกระแสน้ำวิกฤตเท่ากับ 23 เซนติเมตร/ วินาที และคำนวณความเร็วกระแสน้ำวิกฤตที่น้อยที่สุดอยู่ที่จุดที่ 15 ขนาดตะกอนเฉลี่ย เท่ากับ 0.085 มิลลิเมตร ความเร็ววิกฤตเท่ากับ 10.2 เซนติเมตร/ วินาที

และจากตารางที่ 4.9 พบว่า ขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) ตะกอนที่พื้นรอบปะการังเทียมแต่ละเดือนมีขนาดตะกอนสูงสุดอยู่ที่ ก้อนที่ 1 บริเวณด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในเดือนมิถุนายน ขนาดตะกอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.500 มิลลิเมตร ซึ่งความเร็วกระแสน้ำวิกฤตเท่ากับ 24.6 เซนติเมตร/ วินาที และบริเวณที่ทำการทดลองมีความเร็วกระแสน้ำวิกฤตสูงสุดอยู่ที่จุดที่ 10 มีค่าเท่ากับ 26.4 เซนติเมตร/ วินาที ความเร็วกระแสน้ำสูงสุดที่วัดได้ในบริเวณนี้เท่ากับ 88 เซนติเมตร/ วินาที ช่วงวันที่เป็นน้ำเกิดในเดือนมิถุนายน (ตารางที่ 4.5) ดังนั้นความเร็วสูงสุดที่วัดได้ในบริเวณนี้ มีค่ามากกว่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤตในบริเวณนี้ในทุกตำแหน่ง ดังนั้นในช่วงเดือนมิถุนายนกระแสน้ำบริเวณนี้สามารถเคลื่อนย้ายตะกอนทุกๆ ตำแหน่งรอบก้อนปะการังเทียมได้

ตารางที่ 4.5 ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย ต่ำสุด และสูงสุด ในรอบวันทำการวัดกระแสน้ำ

วันที่	ความเร็วต่ำสุด		ความเร็วสูงสุด		ความเร็วเฉลี่ย	
	อัตราเร็ว (ซม./วินาที)	ทิศทาง (องศา)	อัตราเร็ว (ซม./วินาที)	ทิศทาง (องศา)	อัตราเร็ว (ซม./วินาที)	ทิศทาง (องศา)
4-5 เม.ย	6	200	37	075	6	008
21-22 พ.ค.	18	190	62	070	19	081
21-22 มิ.ย	5	265	88	060	27	065
8-9 ก.ย	4	0	51	060	15	063

ตารางที่ 4.6 ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยในช่วงน้ำขึ้นและน้ำลง

ช่วง	วันที่	ความเร็วช่วงน้ำขึ้น		ความเร็วช่วงน้ำลง	
		อัตราเร็ว (ซม./วินาที)	ทิศทาง (องศา)	อัตราเร็ว (ซม./วินาที)	ทิศทาง (องศา)
น้ำเกิด	4-5 เม.ย 2544	2.19	082	4.07	083
	21-22 มิ.ย 2544	12.10	035	15.27	017
น้ำตาย	21-22 พ.ค 2544	3.46	100	16.24	013
	8-9 ก.ย 2544	4.32	042	10.78	021

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลความเร็วลม ความสูงคลื่นเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย/วัน ในแต่ละเดือน ในช่วงระหว่างทำการศึกษา

เดือน	ความเร็วลมเฉลี่ย		อัตราเร็วลมเฉลี่ยตั้งแต่	ความสูงคลื่นเฉลี่ย	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
	อัตราเร็ว (น็อต)	ทิศทาง	ปี พ.ศ. 2535-2544	(เมตร)	(มิลลิเมตร/วัน)
มีนาคม	1.1	S	2.6	0 – 0.1	14
เมษายน	1.0	S	2.4	0 – 0.1	5
พฤษภาคม	2.1	SW	2.9	0 – 0.1	18
มิถุนายน	2.3	SW	3.9	0 – 0.1	12
กรกฎาคม	3.1	SW	4.6	0.1 – 0.5	6
สิงหาคม	4.1	SW	4.2	0.1 – 0.5	10
กันยายน	-	-	2.6	0 – 0.1	15

ที่มา : ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดระยอง กรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 4.8 ขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) และความเร็วกระแสน้ำวิกฤตในบริเวณที่ทำการทดลอง ก่อนวางปะการังเทียม และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง

แถวที่	จุดที่	ก่อนวางปะการังเทียม		หลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง	
		d_{50} (มม.)	U_{mc} (ซม./วินาที)	d_{50} (มม.)	U_{mc} (ซม./วินาที)
1	1	0.421	23.0	0.421	23.0
	2	0.545	25.5	0.375	22.1
	3	0.408	21.3	0.200	16.2
	4	0.400	21.3	0.265	18.7
	5	0.429	22.1	0.183	15.3
2	6	0.191	15.3	0.131	13.6
	7	0.219	17.0	0.200	16.2
	8	0.330	20.4	0.259	17.8
	9	0.400	21.3	0.329	20.4
	10	0.581	26.4	0.367	23.0
3	11	0.300	20.4	0.368	23.0
	12	0.217	17.0	0.260	18.7
	13	0.203	17.8	0.227	17.8
	14	0.179	14.4	0.166	12.8
	15	0.096	10.2	0.085	10.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

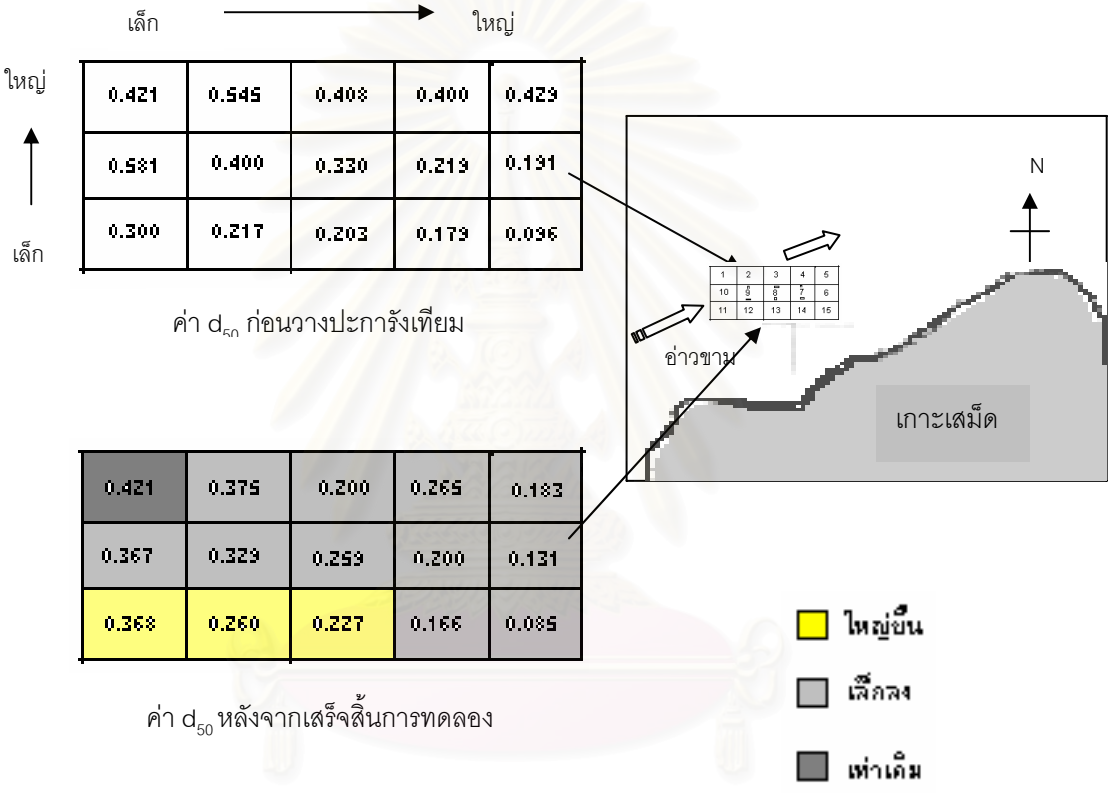
ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) ของตะกอนในกระบอกดักตะกอน และตะกอนที่พื้น (n.d* **หมายถึง ไม่มีข้อมูล**)

ก้อนที่	ด้าน, มุม	26 เมษายน		16 มิถุนายน		15 กรกฎาคม		25 สิงหาคม		9 กันยายน	
		ในกระบอก	ที่พื้น	ในกระบอก	ที่พื้น	ในกระบอก	ที่พื้น	ในกระบอก	ที่พื้น	ในกระบอก	ที่พื้น
1	N, A	0.136	0.350	0.174	0.246	0.178	0.296	0.116	0.482	0.147	0.432
	E, B	<0.010	0.248	<0.010	0.500	0.149	0.310	0.078	0.294	0.088	0.309
	W, C	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	0.177	0.372	0.153	0.431	0.151	0.353
	S, D	<0.010	0.341	<0.010	0.293	0.164	0.353	0.128	0.309	0.132	0.290
2	N, A	<0.010	0.312	0.129	0.193	0.149	0.319	0.116	0.336	0.139	0.269
	E, B	<0.010	0.236	n.d*	n.d*	0.160	0.338	0.151	0.647	0.149	0.330
	W, C	n.d*	n.d*	0.078	0.328	0.157	0.261	0.100	0.329	0.108	0.242
	S, D	<0.010	0.221	n.d*	n.d*	0.165	0.253	0.174	0.174	0.169	0.222
3	N, A	<0.010	0.266	0.087	0.394	0.133	0.253	0.096	0.263	0.107	0.231
	E, B	0.114	0.209	n.d*	n.d*	0.172	0.221	0.162	0.295	0.170	0.288
	W, C	n.d*	n.d*	0.149	0.237	0.151	0.209	0.121	0.215	0.126	0.235
	S, D	<0.010	0.226	0.150	0.300	0.197	0.219	0.165	0.224	0.175	0.196
4	N, A	0.036	0.228	0.139	0.197	0.168	0.222	0.143	0.210	0.146	0.196
	E, B	<0.010	0.119	0.100	0.223	0.138	0.204	0.127	0.230	0.132	0.194
	W, C	<0.010	0.236	0.064	0.197	0.142	0.193	0.117	0.195	0.132	0.205
	S, D	0.134	0.232	0.064	0.326	0.129	0.209	0.113	0.284	0.103	0.229

ตารางที่ 4.10 ขนาดตะกอนเฉลี่ย (d_{50}) ระหว่างเดือน ด้านหรือมุม และก้อน บริเวณพื้นและจากกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียมทดลอง

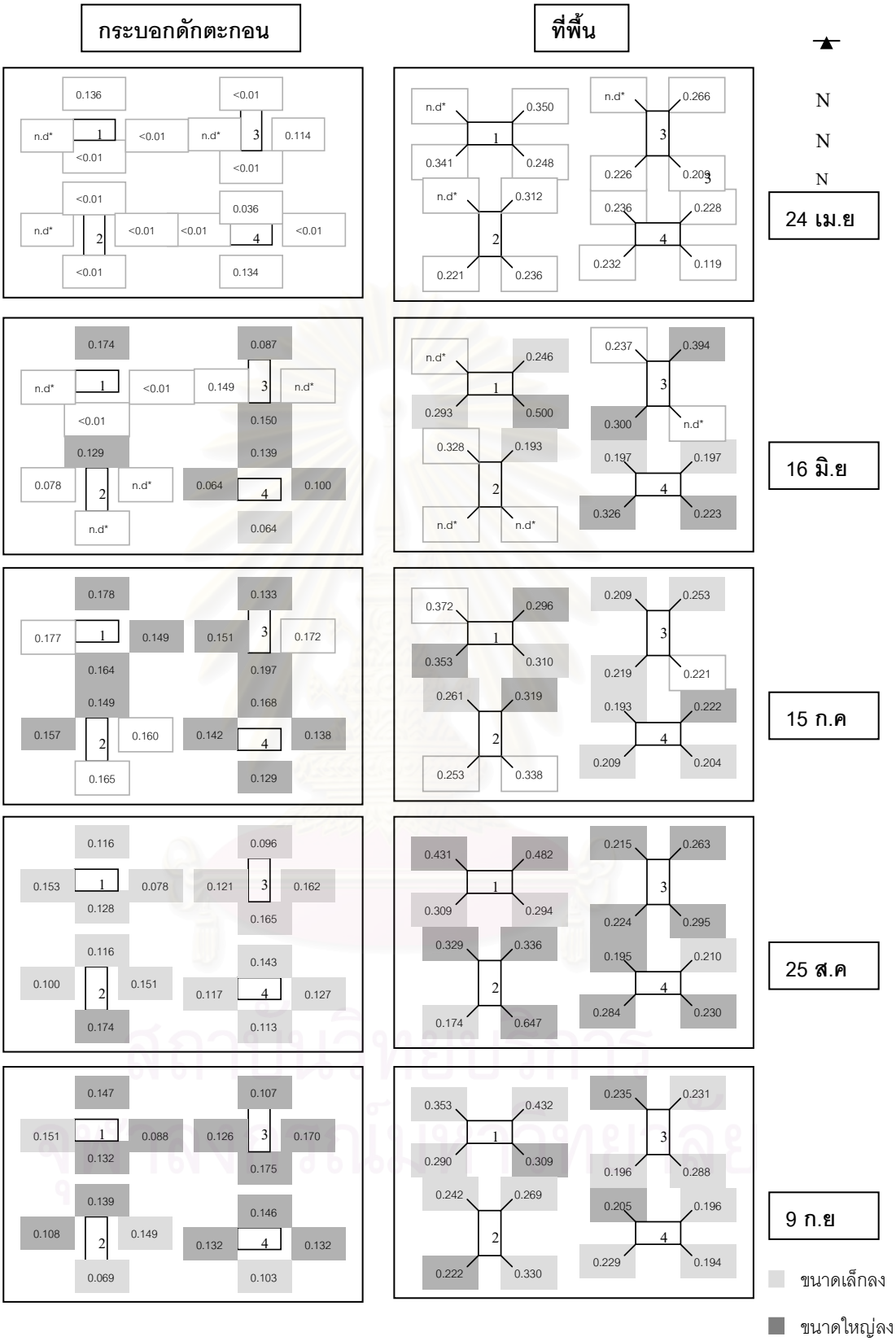
ระหว่าง		ขนาดตะกอนเฉลี่ยในกระบอก (มิลลิเมตร)	ขนาดตะกอนเฉลี่ยที่พื้น (มิลลิเมตร)
เดือน	เมษายน	0.030	0.248
	มิถุนายน	0.095	0.286
	กรกฎาคม	0.158	0.264
	สิงหาคม	0.128	0.307
	กันยายน	0.136	0.264
ด้าน, มุม	N, A	0.115	0.285
	E, B	0.120	0.265
	W, C	0.105	0.289
	S, D	0.114	0.258
ก้อนที่	1	0.110	0.345
	2	0.114	0.295
	3	0.126	0.249
	4	0.105	0.216

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.5 ขนาดตะกอนเฉลี่ยที่ d50 และทิศทางกระแสน้ำประจำถิ่นบริเวณที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4.6 ขนาดตะกอนเฉลี่ยและการเปลี่ยนแปลงขนาดตะกอนในกระบอกดักตะกอน และที่พื้นรอบก้อนปะการังเทียมในแต่ละเดือน

4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนรอบก้อนปะการังเทียม

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนรอบก้อนปะการังเทียมทั้ง 4 ก้อน โดยการสังเกตและบันทึกค่าการพอกตัว และความลึกของหลุมทรายที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.11

จากในตารางที่ 4.11 พบว่า มีการพอกตัวมากที่สุดในเดือนเมษายน ที่ก้อนที่ 4 มุม B มีค่าเท่ากับ +8 เซนติเมตร (รูปที่ 4.7) และมีความลึกของหลุมมากที่สุดในเดือนกันยายน ที่ก้อนที่ 3 มุม C เท่ากับ -16 เซนติเมตร (รูปที่ 4.7)

เมื่อเฉลี่ยค่าแต่ละเดือน ดังในตารางที่ 4.14 พบว่า เดือนที่มีความลึกของหลุมโดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ เดือนมิถุนายน ก้อนที่มีความลึกของหลุมโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ ก้อนที่ 3 และด้านที่มีความลึกของหลุมมากที่สุดที่ด้าน C และสำหรับเดือนที่มีความลึกของหลุมน้อยที่สุด คือ เดือนเมษายน ก้อนที่มีความลึกของหลุมน้อยที่สุด คือ ก้อนที่ 2 และความลึกของหลุมน้อยที่สุดที่ด้าน B

ซึ่งจากตารางที่ 4.5 ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยในบริเวณที่ทำการทดลอง ในเดือนเมษายนในช่วงที่เป็นน้ำเกิดมีค่าความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 6 เซนติเมตร/ วินาที ซึ่งมีค่าน้อย ดังนั้นเมื่อพิจารณาที่ค่าความเร็ววิกฤตของตะกอน ในบริเวณรอบที่ทำการทดลองก่อนวางปะการังเทียม (ตารางที่ 4.8) พบว่า ความเร็วกระแสวิกฤตมีค่ามากกว่าความเร็วกระแสน้ำ ทำให้มีการเคลื่อนที่ของตะกอนในปริมาณน้อย ดังนั้นจึงทำให้ความลึกของหลุมในช่วงเดือนเมษายนมีค่าน้อยกว่าในเดือนอื่น

จากตารางที่ 4.14 ถ้าพิจารณาที่ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงความลึกของหลุมก้อนอ้างอิง พบว่า ในเดือนมิถุนายนมีการความลึกของหลุมมากที่สุด หลังจากนั้นในเดือนกรกฎาคมก็มีการพอกของตะกอนขึ้นมาในหลุม ต่อมาในเดือนสิงหาคมก็มีการพอกตะกอนมากขึ้นกว่าในเดือนสิงหาคมทำให้หลุมตื้นขึ้นกว่าในเดือนกรกฎาคม แล้วในเดือนกันยายนจึงมีความลึกของหลุมมากขึ้นซึ่งเป็นอันดับสองรองจากในเดือนมิถุนายน เมื่อเปรียบเทียบความเร็วกระแสน้ำในตารางที่ 2.3 พบว่าเดือนมิถุนายนมีความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยสูงสุด และในเดือนกันยายนมีความเร็วกระแสน้ำสูงรองลงมา เช่นกัน ทำให้สรุปได้ว่า ความเร็วกระแสน้ำตามฤดูกาลมีผลต่อความลึกของหลุม

เมื่อพิจารณาที่ก้อนทดลอง พบว่าก้อนที่ 1 มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงความลึกของหลุมที่ใกล้เคียงกับก้อนอ้างอิง สำหรับบริเวณก้อนที่ 3 จะมีการเซาะตัวออกมากกว่าก้อนอื่นๆ รองลงมาคือ ก้อนที่ 4 และ 1 สำหรับบริเวณก้อนที่ 2 จะเกิดหลุมตื้นที่สุด

จากในรูปที่ 4.7 เห็นได้ชัดว่า ความลึกของหลุมที่มุม A และ มุม C มีมากกว่าความลึกหลุมที่มุม B และ มุม D และเมื่อพิจารณาทิศทางของกระแสน้ำประจำถิ่นในบริเวณนี้ พบว่า มีการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำไปทางมุม C เช่นกัน (รูปที่ 4.5) ดังนั้นทำให้สรุปได้ว่าทิศทางกระแสน้ำมีความสัมพันธ์กับบริเวณที่เกิดหลุม

สำหรับปริมาณตะกอนในกระบอกดักตะกอนในแต่ละเดือน นำมาอบและชั่ง เพื่อหาน้ำหนักแห้งของตะกอน ค่าที่ได้นำมาคำนวณหาความสูงของตะกอน บันทึกค่าในตารางที่ 4.12 และสร้างเป็นรูปความสูงของตะกอนแต่ละด้านของปะการังเทียมในแต่ละเดือนในรูปที่ 4.8

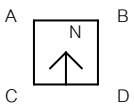
จากตารางที่ 4.12 แสดงค่าปริมาณตะกอนมากที่สุดอยู่ที่เดือนกรกฎาคม ก้อนที่ 3 ด้านทิศใต้มีค่าเท่ากับ 8.5 เซนติเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 การพอกตัวของตะกอน (y_{ac}) และความลึกของหลุมกัดเซาะ (y_{sc}) บริเวณฐานของปะการังเทียม

ก้อนที่	มุม	การพอกตัว (+) และการเซาะออก (-) หน่วยเป็นเซนติเมตร						
		24 มี.ค	26 เม.ย	16 มิ.ย	15 ก.ค	25 ส.ค	9 ก.ย	ค่าเฉลี่ยระหว่างด้าน
1	A	0	0	-10	-5	-3	-9	-5
	B	0	3	2	-5	1	-4	-1
	C	0	-1	-4	-5	-2	-4	-3
	D	0	6	-3	1	-1	-1	0
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		0	2	-4	-4	-1	-5	-2
2	A	0	5	-10	2	0	-5	-2
	B	0	3	3	-2	-1	7	2
	C	0	3	-14	-3	-4	-1	-4
	D	0	-1	-6	0	-2	-2	-2
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		0	3	-7	-1	-2	0	-1
3	A	0	-8	-10	-8	-9	-10	-9
	B	0	4	3	-1	1	1	2
	C	0	-12	-14	-9	-10	-16	-12
	D	0	0	-6	0	-2	-3	-2
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		0	-4	-7	-5	-5	-7	-5
4	A	0	-5	-9	2	-3	-9	-5
	B	0	8	7	6	1	-2	4
	C	0	-7	-8	-8	-15	-3	-8
	D	0	-7	-9	-4	-2	-1	-5
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		0	-3	-5	-1	-5	-4	-3
ระหว่างเดือน		0	-1	-6	-2	-3	-4	-3
ก้อนอ้างอิง	A	-	0	-10	-6	-5	-7	-7
	B	-	0	-6	-3	-2	-2	-3
	C	-	0	-10	-6	-8	-8	-11
	D	-	0	-4	3	-4	-3	-10
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		-	0	-8	-3	-5	-5	-4

<u>หมายเหตุ</u> : การเรียกมุมของก้อนปะการังเทียมเป็นดังรูป

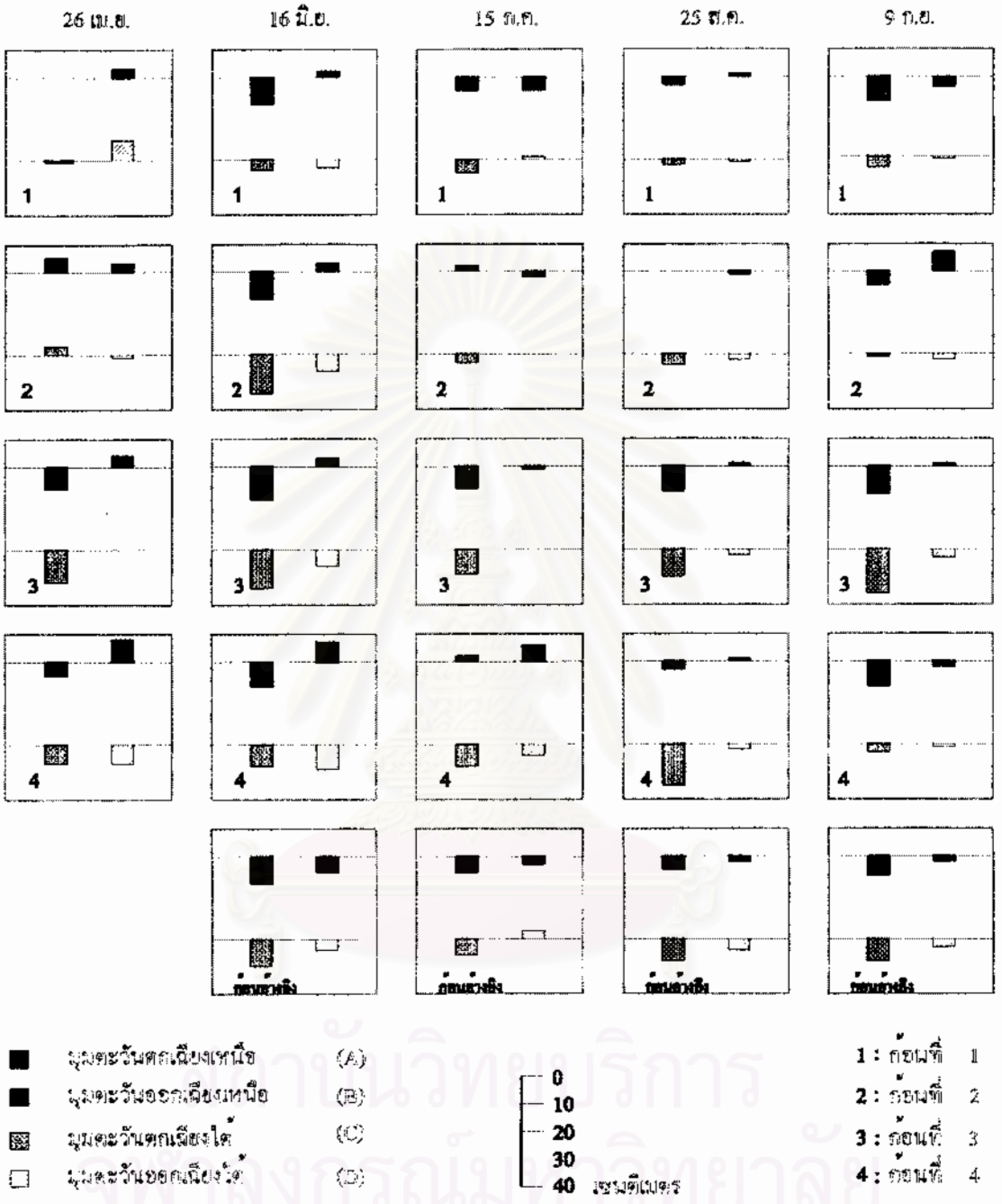


ตารางที่ 4.12 ความสูงของตะกอนในกระบอกดักตะกอน

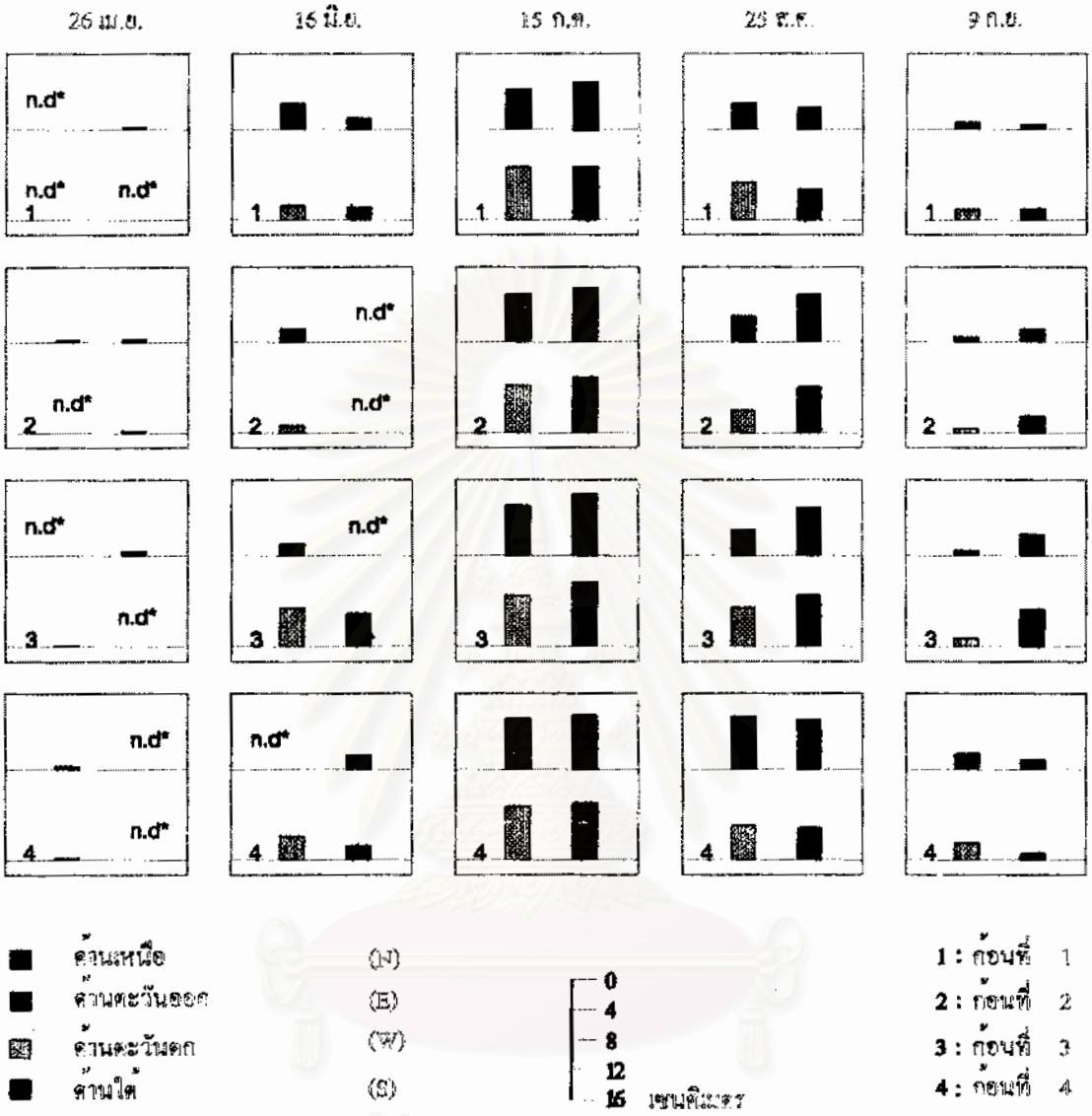
ก้อนที่	ด้าน	ความสูงของตะกอน (y_{de}) หน่วยเป็นเซนติเมตร					
		24 มี.ค	26 เม.ย	16 มิ.ย	15 ก.ค	25 ส.ค	9 ก.ย
1	N	0	n.d*	3.3	5.3	3.4	0.8
	E	0	0.2	1.4	6.2	2.8	0.5
	W	0	n.d*	1.8	6.9	4.9	1.3
	S	0	n.d*	1.5	6.9	3.9	0.4
2	N	0	0.2	1.7	6.4	3.4	0.6
	E	0	0.3	n.d*	7.2	6.3	1.7
	W	0	n.d*	1.0	6.3	3.0	0.6
	S	0	0.2	n.d*	7.3	6.0	2.2
3	N	0	n.d*	1.5	6.6	3.3	0.6
	E	0	0.5	n.d*	8.1	6.3	2.8
	W	0	0.1	5.1	6.8	5.2	1.1
	S	0	n.d*	4.3	8.5	6.8	4.8
4	N	0	0.3	n.d*	6.7	6.9	2.0
	E	0	n.d*	1.8	7.1	6.5	1.3
	W	0	0.2	3.1	7.1	4.6	2.3
	S	0	n.d*	1.8	7.4	4.2	0.8
อ้างอิง		0	0.1	n.d*	11.2	3.2	n.d*

หมายเหตุ : n.d* หมายถึง ไม่มีข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 การพอกตัวของตะกอน(+) และการเซาะตัวออกของตะกอน(-) แต่ละมุมของก้อนปะการังเทียม



รูปที่ 4.8 **ความสูงตะกอนในกระบอกดักตะกอนแต่ละด้านของก้อนปะการังเทียม**

หมายเหตุ : n.d* หมายถึง ไม่มีข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 รูปแบบการจมตัวของปะการังเทียม

จากภาพบันทึกการจมตัวของปะการังเทียมในรูปที่ 4.9 พบว่า มีการเอียงตัวของก้อนปะการังเทียม ตั้งแต่เดือนเมษายน (11วันหลังจากการวางปะการังเทียม) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปะการังเทียมแต่ละก้อนจะมีการเอียงตัวที่แตกต่างกัน โดยที่ก้อนที่ 2 และ 3 จะมีการเอียงตัวมากที่สุด ซึ่งจะมีการเอียงไปทางด้านทิศตะวันตกมากที่สุด ต่อมาในเดือนมิถุนายนจะมีการเอียงตัวและจมตัวมากขึ้น จนกระทั่งในเดือนสิงหาคมจะมีการจมตัวมากที่สุด สำหรับก้อนที่ 1 และ 4 จะมีการเอียงตัวน้อยกว่าก้อนที่ 2 และ 3 โดยที่ก้อนที่ 4 จะเริ่มมีการจมตัวไปทางด้านทิศใต้ในเดือนมิถุนายน แล้วในเดือนสิงหาคมกลับมีการเอียงตัวไปทางด้านทิศเหนือ แต่ก้อนที่ 1 จะเริ่มมีการเอียงตัวไปทางด้านทิศใต้ในเดือนกรกฎาคม

จากการเฉลี่ยค่าความลึกของการจมตัวแต่ละมุมของก้อนปะการังเทียม ของข้อมูลในตารางที่ 4.13 แสดงเป็นเส้นกราฟการจมตัวในรูปที่ 4.10 โดยที่แกน x เป็นเวลาที่มีหน่วยเป็นวัน และ แกน y เป็นความลึกของการจมตัว (y_s) ของปะการังเทียมมีหน่วยเป็นเซนติเมตร จากรูปที่ 4.10 พบว่า ความลึกของการจมตัวจะมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มวางปะการังเทียม ซึ่งแต่ละก้อนจะมีความลึกในจมตัวของแต่ละช่วงเดือนและความลึกในการจมตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาที่ก้อนอ้างอิง พบว่าความลึกในการจมตัวสูงสุดในเดือนกรกฎาคมซึ่งมีค่าความลึกในการจมตัวเท่ากับ –21 เซนติเมตร ก้อนที่ 1 มีความลึกในการจมตัวสูงสุดเท่ากับ –18 เซนติเมตร และก้อนที่ 3 มีความลึกในการจมตัวสูงสุดเท่ากับ –27 เซนติเมตร แต่สำหรับก้อนที่ 2 และก้อนที่ 4 ยังคงจมตัวต่อไปเรื่อยๆ หลังจากเดือนกรกฎาคมจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง โดยที่ก้อนที่ 2 มีความลึกในการจมตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ –15 เซนติเมตร และก้อนที่ 4 มีความลึกในการจมตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ –37 เซนติเมตร

ซึ่งจะเห็นได้ว่าก้อนที่ 4 ได้วางไว้ในบริเวณที่มีการขนาดตะกอนเฉลี่ยเล็กที่สุด แต่บริเวณที่มีขนาดตะกอนใหญ่ที่สุดไม่ได้มีความลึกการจมตัวน้อยที่สุด

จากเส้นกราฟการจมตัวในรูปที่ 4.10 (ก) พบว่าก้อนอ้างอิง และก้อนที่ 1 เมื่อถึงความลึกในการจมตัวสูงสุดในเดือนกรกฎาคมแล้ว มีการยกตัวขึ้นหลังจากเดือนกรกฎาคม แต่ก้อนที่ 3 ไม่มีการจมตัวเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 4.13 ก้อนที่ 3 แม้ว่าไม่มีการจมตัวของก้อนปะการังเทียมเพิ่มขึ้นแต่ยังมีการเอียงตัวขึ้นลงที่แต่ละมุมของก้อนปะการังเทียม

จากตารางที่ 4.13 พบว่ามีการจมตัวมากที่สุดในเดือนกันยายน ที่ก้อนที่ 4 มุม B ความลึกของการจมตัวเท่ากับ –48 เซนติเมตร จากระดับเริ่มวางปะการังเทียม

รูปที่ 4.11 แสดงเป็นรูปการจมตัวแต่ละมุมของก้อนปะการังเทียม ตั้งแต่เริ่มวางปะการังเทียมจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ก้อนอ้างอิงมีการจมตัวมากที่มุม A และมุม C ตั้งแต่เริ่มวางปะการังเทียมในเดือนมิถุนายนถึงสิ้นสุดการทดลองในเดือนกันยายน ซึ่งเป็นด้านที่มีความลึกหลุมมากเช่นกัน ซึ่งมีลักษณะเดียวกันกับก้อนที่ 1, 2 และ 3 แต่ก้อนที่ 4 จะมีการจมตัวแตกต่างกันออกไปในเดือนสิงหาคมและกันยายน คือ มีการจมตัวที่มุม A และมุม B มากกว่าที่มุม C และมุม D แต่เมื่อพิจารณาที่ความลึกของหลุมแล้ว พบว่า ความลึกของหลุมมากที่มุม A และมุม C

ตารางที่ 4.14 ได้เปรียบเทียบการจมตัวระหว่างเดือน ก้อน และมุม จากการเฉลี่ยค่าในตารางที่ 4.13 พบว่า เดือนที่มีการจมตัวมากที่สุด คือ เดือนกันยายน ก้อนที่มีการจมตัวมากที่สุด คือ ก้อนที่ 4 และมุมที่มีการจมตัวมากที่สุด คือ มุม C และอัตราการจมตัวซึ่งคำนวณจากความแตกต่างความลึกในการจมตัวเฉลี่ยของปะการังเทียมทั้ง 4 ก้อน ในแต่ละเดือนแสดงในรูปที่ 4.10 (ข) พบว่ามีอัตราการจมตัวมากที่สุดในช่วงเดือนมีนาคม – เมษายน ซึ่งเป็นช่วงเดือนแรกที่มีการวางปะการังเทียม และเดือนที่มีอัตราการจมตัวน้อยที่สุดคือ เดือนกรกฎาคม

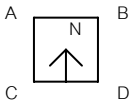
ดังนั้นทำให้สรุปได้ว่า ความลึกของการจมตัวขึ้นกับขนาดตะกอนทรายที่พื้นที่วางปะการังเทียมเป็นปัจจัยหนึ่งของการจมตัวของปะการังเทียม โดยจะมีการเอียงตัวมากบริเวณที่ปะทะกับกระแสน้ำ และจะมีอัตราการจมตัวมากที่สุดในช่วงเดือนแรกที่มีการวางปะการังเทียม และจะมีอัตราการจมตัวน้อยลงในช่วงเดือนถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 การจมตัวของปะการังเทียมแต่ละมุม

ก้อนที่	มุม	การจมตัวจากระดับเริ่มต้น (y_s) หน่วยเป็นเซนติเมตร						
		24 มี.ค	26 เม.ย	16 มิ.ย	15 ก.ค	25 ส.ค	9 ก.ย	ค่าเฉลี่ยระหว่างด้าน
1	A	0	-11	-16	-18	-17	-17	-16
	B	0	-8	-11	-11	-12	-10	-10
	C	0	-12	-23	-29	-18	-20	-20
	D	0	-9	-16	-13	-17	-14	-14
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		0	-10	-17	-18	-16	-15	-15
2	A	0	-10	-14	-10	-20	-18	-14
	B	0	-10	-7	-5	-6	-17	-9
	C	0	-10	-20	-20	-20	-14	-17
	D	0	-10	-9	-9	-8	-12	-10
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		0	-10	-13	-11	-14	-15	-13
3	A	0	-26	-16	-41	-35	-37	-31
	B	0	-12	-19	-16	-17	-18	-16
	C	0	-26	-36	-38	-38	-38	-35
	D	0	-10	-16	-13	-16	-15	-14
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		0	-19	-22	-27	-27	-27	-24
4	A	0	-15	-15	-20	-36	-42	-26
	B	0	-15	-18	-16	-43	-48	-28
	C	0	-20	-34	-23	-18	-25	-24
	D	0	-15	-18	-18	-29	-33	-23
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		0	-16	-21	-19	-32	-37	-25
ระหว่างเดือน		0	-14	-18	-19	-22	-24	-19
ก้อนอ้างอิง	A	-	0	-20	-21	-23	-22	-22
	B	-	0	-17	-23	-21	-19	-20
	C	-	0	-20	-23	-24	-22	-22
	D	-	0	-15	-17	-16	-14	-16
ค่าเฉลี่ยต่อก้อน		-	0	-18	-21	-21	-19	-20

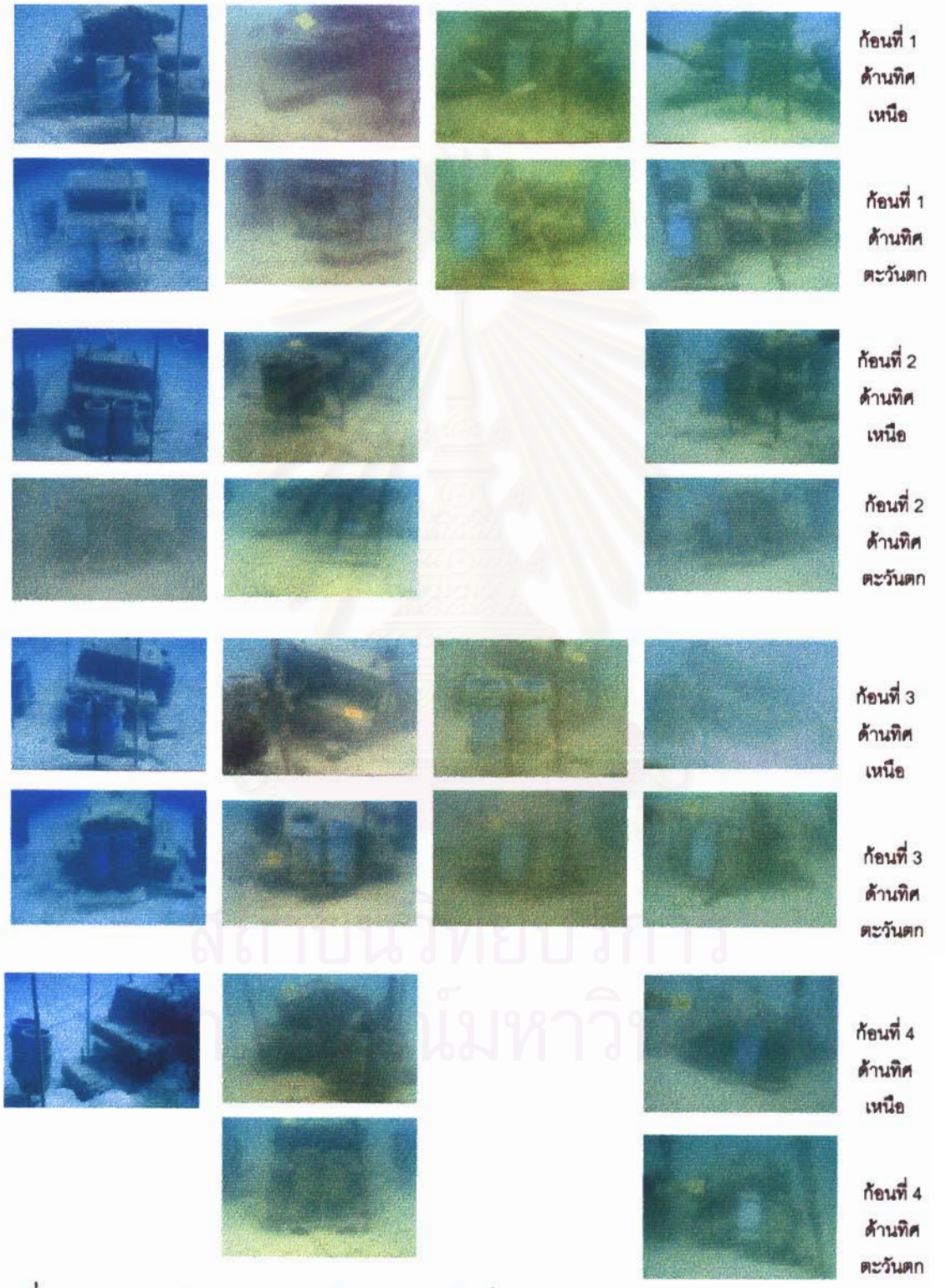
<u>หมายเหตุ</u> : การเรียกมุมของก้อนปะการังเทียมเป็นดังรูป



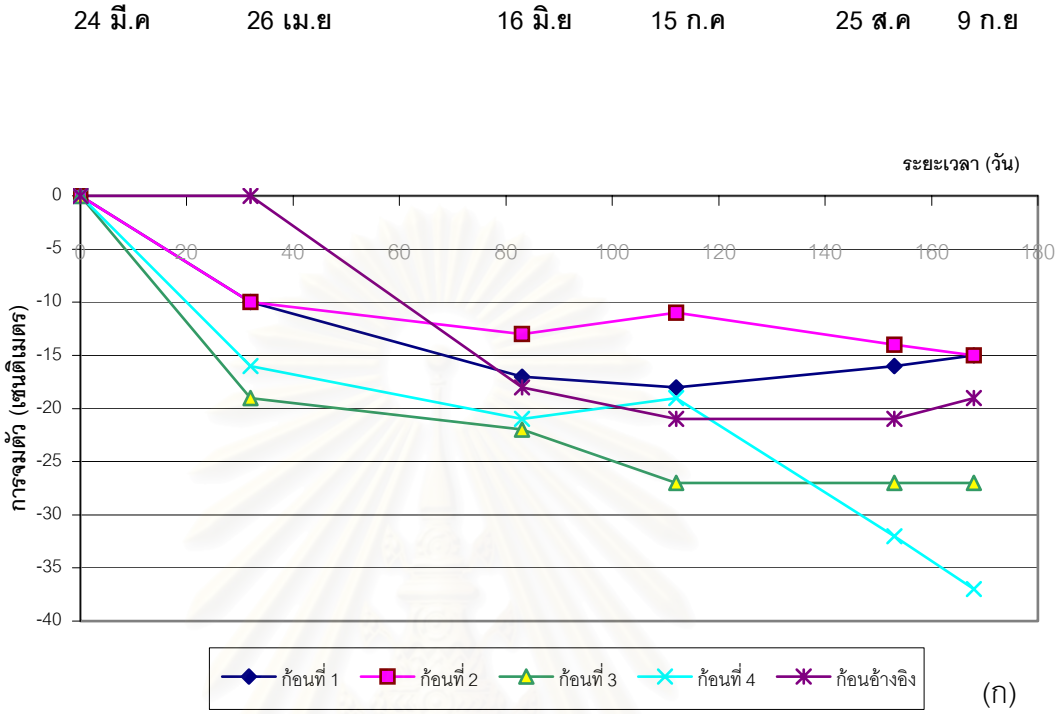
ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยของการพอกตัว การเซาะออก และการจมตัวของปะการังเทียม

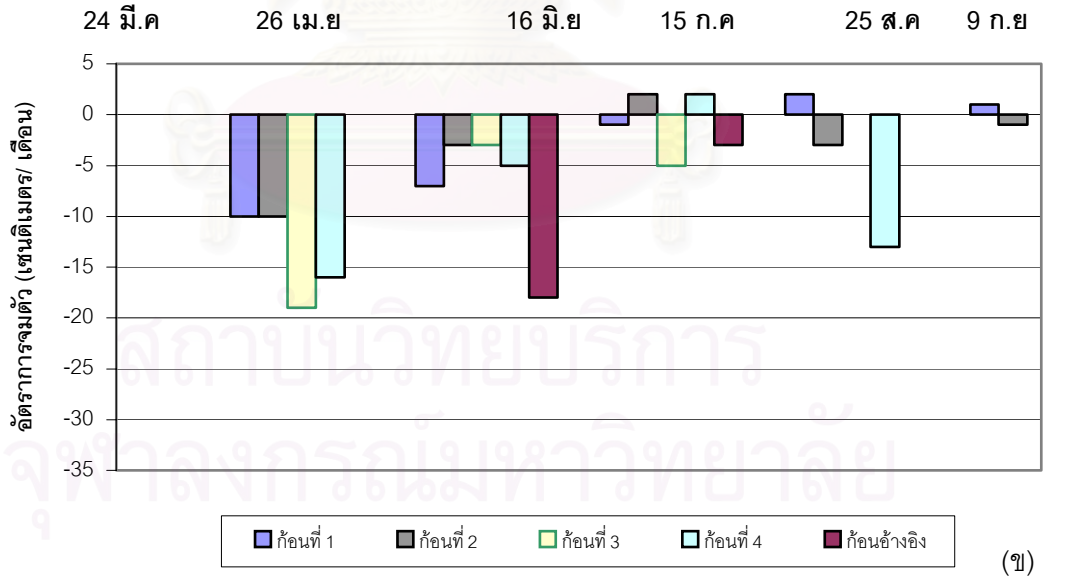
		การพอกตัว (+) และการเซาะออก (-) (ซม.)		การจมตัว (ซม.)		อัตราการจมตัว
		ก้อนทดลอง	ก้อนอ้างอิง	ก้อนทดลอง	ก้อนอ้างอิง	ซม./เดือน
เดือน	26 เม.ย	-1	-	-14	-	-14
	16 มิ.ย	-6	-8	-18	-18	-4
	15 ก.ค	-2	-3	-19	-21	-1
	25 ส.ค	-3	-5	-22	-21	-3
	9 ก.ย	-4	-5	-24	-19	-2
ด้าน	A	-4	-7	-20	-22	
	B	1	-3	-16	-20	
	C	-6	-11	-22	-42	
	D	-2	-10	-14	-38	
ก้อนที่	1	-2		-15		
	2	-1		-13		
	3	-5		-24		
	4	-3		-25		
	อ้างอิง	-4		-20		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายลักษณะการจมตัวของปะการังเทียม

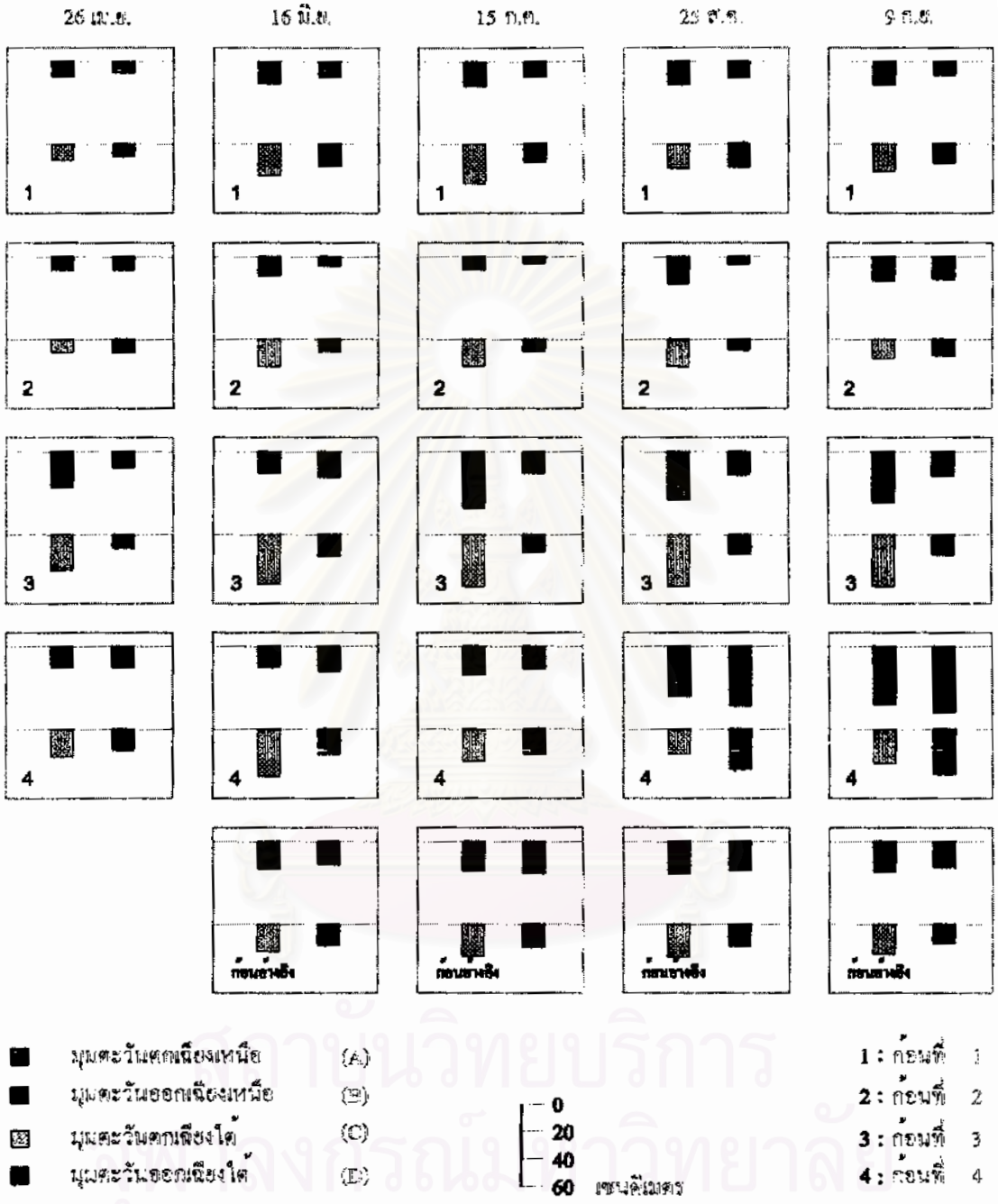




รูปที่ 4.10 เส้นกราฟการจมตัว และอัตราการจมตัวของปะการังเทียมเฉลี่ยต่อก้อน

(ก) ความลึกของการจมตัว

(ข) อัตราการจมตัว



รูปที่ 4.11 การจมตัวแต่ละมุมของก้อนปะการังเทียม

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

5.1 ปัจจัยสภาพแวดล้อมด้านกายภาพทางทะเลที่มีผลต่อการจมตัวของปะการังเทียม

5.1.1 กระแสน้ำ

ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำในบริเวณนี้ มีทิศทางการเคลื่อนที่ส่วนใหญ่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ทิศ 60 - 80 องศาเหนือ) ขนานชายฝั่งและไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางตามการขึ้นลงของกระแสน้ำ (รูปที่ 4.1 - 4.4 (ก) และ (ข) และ ตารางที่ 4.6) ดังนั้นบริเวณที่ทำการทดลองจึงจัดได้ว่าเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของกระแสน้ำขนานชายฝั่ง (Longshore current) ทั้งในช่วงก่อนมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในเดือนเมษายน และในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน

เมื่อพิจารณาที่แต่ละด้านของปะการังเทียม พบว่า มุมที่มีการจมตัวมาก คือ มุมที่มีความลึกของการเซาะตัวออกมาก และมีการเอียงตัวมาก คือ มุมตะวันตกเฉียงเหนือ และมุมตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 4.11) ซึ่งทิศทางกระแสน้ำประจำถิ่นในบริเวณนี้มีทิศทางกระแสน้ำไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เช่นเดียวกัน (รูปที่ 4.5) ดังนั้นทำให้สรุปได้ว่าการจมตัวของปะการังเทียมมีความสัมพันธ์กับทิศทางกระแสน้ำประจำถิ่น

จากรูปที่ ง.1 - ง.5 จะเห็นได้ว่า ขนาดตะกอนที่พื้น และในกระบอกดักตะกอนมีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด ในเดือนกรกฎาคม และในเดือนดังกล่าวยังพบว่ามีปริมาณตะกอนในกระบอกฯ มากที่สุดอีกด้วย ซึ่งทำให้สันนิษฐานว่า ในเดือนกรกฎาคมมีความเร็วกระแสน้ำ และคลื่นที่รุนแรงทำให้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่เคลื่อนที่ได้ แล้วตกลงในระยะทางใกล้ๆ เนื่องจากความหนืดของน้ำทำให้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่จมตัวได้เร็ว (Krunen, 1950) ซึ่งถ้าความเร็วกระแสน้ำโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุดในเดือนมิถุนายน ดังตารางที่ 2.3 (ข้อมูลจากทุ่นสมุทรศาสตร์ จังหวัดระยอง) และ ความสูงคลื่นมากที่สุดในเดือนกรกฎาคม ดังตารางที่ 4.7 (ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา) และ จากรูปที่ 4.10 พบว่าในเดือนกรกฎาคมมีบางก้อนที่ถึงจุดสูงสุดของการจมตัว ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่ความสูง

คลื่นจะมีความเกี่ยวข้องกับการเซาะตัวออกของตะกอนทราย ซึ่งจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งของการจมตัวของปะการังเทียม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vicharn, Kimura และ Ban (1999) และ Sumer (2001)

ในช่วงเดือนเมษายน ได้รับอิทธิพลจากลมที่พัดมาจากทางทิศใต้ทำให้ทิศทางของกระแสน้ำค่อนไปทางทิศเหนือ และในช่วงมรสุมจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ตารางที่ 4.7) ทำให้กระแสน้ำมีการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 4.5) และกระแสน้ำในช่วงมรสุมมีความเร็วมากกว่าในช่วงเดือนเมษายนเล็กน้อย ดังนั้นความเร็วกระแสน้ำควรพิจารณาที่ความเร็วลมในช่วงเวลานั้นๆ ร่วมด้วย

5.1.2 ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนอาจมีผลต่อการเคลื่อนที่ของตะกอนจากแผ่นดิน ลงสู่ทะเล ซึ่งทำให้เกิดตะกอนแขวนลอยในทะเลได้ จึงได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย กับปริมาณตะกอนสะสมในกระบอกดักตะกอน พบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดในเดือนพฤษภาคม รองลงมา ได้แก่ เดือนกันยายน, มิถุนายน, สิงหาคม และกรกฎาคม ตามลำดับ และปริมาณตะกอนที่สะสมในกระบอกฯ ต่อวันมีมากที่สุดในเดือนกรกฎาคม รองลงมา ได้แก่ เดือนสิงหาคม มิถุนายน กันยายน และเมษายน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณตะกอนกับปริมาณน้ำฝนเป็นแบบผกผันกัน แสดงว่าตะกอนจากแผ่นดินไม่มีผลต่อปริมาณตะกอนในพื้นที่ศึกษา ดังนั้นปริมาณน้ำฝนจึงไม่ใช่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจมตัวของปะการังเทียม

5.2 ลักษณะการจมตัวของปะการังเทียม และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

จากภาพที่ปกในและรูปที่ 4.9 พบว่า การจมตัวของปะการังเทียมจะเริ่มจากการเอียงตัวของปะการังเทียมบริเวณด้านที่เกิดหลุม และทำให้ก้อนปะการังเทียมมีการเอียงตัวซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเอียงตัวไปทางด้านตะวันตก ความลึกของการจมตัวจะเพิ่มขึ้นมากขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มวางปะการังเทียม ซึ่งความลึกของการจมตัวของปะการังเทียมแต่ละก้อนแตกต่างกันออกไป

ในเดือนกรกฎาคม ปะการังเทียมก้อนอ้างอิง ก้อนที่ 1 และ 3 มีการจมตัวมากที่สุดหลังจากนั้นก็มีการขึ้นลง อีกเพียงเล็กน้อยแต่ไม่ลึกเกินกว่าการจมตัวในเดือนกรกฎาคม

ก้อนที่ 2 และ 4 ยังไม่ถึงจุดสูงสุดของการจมตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง จากรูปที่ 4.10 ก้อนที่ 2 และ 4 พบว่ามีการจมตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบขนาดตะกอนบริเวณพื้นทะเลที่วางปะการังเทียมทั้ง 2 ก้อน จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าก้อนที่ 2 มีขนาดตะกอนที่ใหญ่กว่าก้อนที่ 4 ดังนั้นความเร็วกระแสน้ำวิกฤตในการเซาะตัวของตะกอนบริเวณก้อนที่ 2 จึงมากกว่าบริเวณก้อนที่ 4 ทำให้มีการจมตัวของก้อนที่ 2 น้อยกว่าก้อนที่ 4 และจากการพิจารณาลักษณะการวางตัวกับชายฝั่ง พบว่าก้อนที่ 1 และ 3 อยู่ในแนวห่างฝั่งออกไป แต่ก้อนที่ 2 และ 4 อยู่ในแนวใกล้ฝั่งซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมมากกว่า จึงทำให้มีแนวโน้มของการจมตัวที่ไม่หยุดการจมตัวที่เดือนกรกฎาคมและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

จากรูปที่ 4.7 และ รูปที่ 4.11 พบว่า ในเดือนกรกฎาคม มีความลึกของการเซาะตัวออกมากที่สุด ซึ่งในเดือนดังกล่าวจะมีความลึกของการจมตัวของปะการังเทียมมากด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงทำให้สรุปได้ว่า การเซาะตัวออกของตะกอนบริเวณฐานของปะการังเทียมเป็นสาเหตุหนึ่งของการจมตัวของปะการังเทียมเช่นเดียวกับการทดลองของ Vicharn (1996)

จากรูปที่ 4.10 และ ตารางที่ 4.10 พบว่า ปะการังเทียมก้อนที่ 4 มีการจมตัวมากที่สุดซึ่งเป็นบริเวณที่มีขนาดตะกอนทรายที่พื้นโดยเฉลี่ยเล็กที่สุด รองลงมาคือ ก้อนที่ 3 ซึ่งมีขนาดตะกอนทรายที่พื้นโดยเฉลี่ยใหญ่กว่า ดังนั้นบริเวณที่มีลักษณะตะกอนทรายที่พื้นมีความละเอียดจะทำให้มีการจมตัวของปะการังเทียมมากกว่าบริเวณที่มีลักษณะตะกอนทรายที่พื้นที่หยาบกว่า ซึ่งจากทฤษฎีการเคลื่อนตัวของตะกอนใน Schwartz (1982) และ Beer (1983) ทำให้กล่าวได้ว่าเนื่องจากตะกอนที่มีความละเอียดจะมีความเร็วกระแสน้ำวิกฤตน้อย จึงทำให้เมื่อความเร็วกระแสน้ำ ณ เวลานั้นที่มีค่าถึงขีดเริ่มของก้อนที่ 4 ทำให้ตะกอนที่พื้นบริเวณก้อนที่ 4 เคลื่อนที่ไปได้ แต่ความเร็วกระแสน้ำที่ขณะนั้นยังไม่ถึงขีดเริ่มของการเคลื่อนตัวของตะกอนที่พื้นบริเวณก้อนที่ 3 จึงไม่สามารถทำให้ตะกอนบริเวณก้อนที่ 3 เคลื่อนที่ได้ ดังนั้นทำให้สรุปได้ว่าขนาดตะกอนทรายเฉลี่ยมีความสัมพันธ์กับการจมตัวของปะการังเทียม

จากรูปที่ 4.10 และ ตารางที่ 4.10 ยังพบว่า ก้อนที่ 1 ซึ่งมีขนาดตะกอนทรายที่พื้นใหญ่กว่าก้อนที่ 2 กลับมีความลึกของการจมตัวที่มากกว่าก้อนที่ 2 จึงได้พิจารณารูปที่ 3.3 พบว่าลักษณะการวางตัวของปะการังเทียมทำให้มีพื้นที่ที่ปะทะกับกระแสน้ำที่มาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้แตกต่างกัน โดยที่ปะการังเทียมก้อนที่ 1 มีการวางตัวที่ทำให้มีพื้นที่ที่ปะทะกับกระแสน้ำที่ไหลมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้มากกว่าก้อนที่ 2 จึงทำให้ก้อนที่ 1 มีการจมตัวมากกว่าก้อนที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับ Laursen และ Toch (1956) ที่กล่าวไว้ว่า มุมในการวางตัวและความกว้างของสิ่งปลูกสร้างมีผลต่อการเซาะตัวออกของตะกอน ดังนั้นทำให้สรุปได้ว่าความกว้างของปะการังเทียมที่ปะทะกับกระแสน้ำมีความสัมพันธ์กับการจมตัวของปะการังเทียม

การจมตัวของปะการังเทียมอาจมีการจมตัวจนถึงจุดที่มีความลึกในการจมตัวสูงสุดได้ เนื่องจากการเซาะตัวออกซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการจมตัวของปะการังเทียม มีความลึกในการเซาะตัวออกสูงสุดได้ที่ความเร็วกระแสน้ำสูงสุดในบริเวณนั้น ดังเส้นกราฟการจมตัวเนื่องจากการเซาะตัวออกใน Breusers และ Raudkivi (1991) (รูปที่ 2.6) ดังนั้นจากเส้นกราฟการจมตัวของปะการังเทียม (รูปที่ 4.10) ซึ่งพบว่า ปะการังเทียมบางก้อนถึงจุดสูงสุดของการจมตัวในเดือนกรกฎาคม ดังนั้นเดือนกรกฎาคมจึงอาจจะเป็นเดือนที่มีการเซาะตัวออกของตะกอนมากที่สุดและทำให้ปะการังเทียมมีการจมตัวสูงสุดในเดือนดังกล่าว

จากการศึกษาพบว่ามีการยกตัวขึ้นของปะการังเทียมในบางเดือน จากรูปที่ 4.10 สังเกตพบว่า ปะการังเทียมก้อนอ้างอิง ก้อนที่ 1 และ ก้อนที่ 3 ที่อาจจะมีการจมตัวสูงสุดในเดือนกรกฎาคมเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.6 อาจจะอธิบายได้ว่าเนื่องจากความลึกของการจมตัวในเส้นกราฟเป็นค่าเฉลี่ยการจมตัวของปะการังเทียมแต่ละมุม จึงอาจมีการเอียงตัวลงที่บางมุมของก้อนปะการังเทียมทำให้มุมที่อยู่ตรงกันข้ามกระดกขึ้น ทำให้ค่าความลึกของการจมตัวเฉลี่ยน้อยลงหรือมีการยกตัวขึ้นของก้อนปะการังเทียม

5.3 การเคลื่อนที่ของตะกอนเมื่อมีการวางปะการังเทียม

5.3.1 การเคลื่อนที่ของตะกอนบริเวณรอบที่ทำการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ความเร็วกระแสน้ำสูงสุดในเดือนมิถุนายน มีค่าเกินค่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤตที่ทุกตำแหน่งในบริเวณรอบที่ทำการทดลองก่อนวางปะการังเทียม (ตารางที่ 4.5

และตารางที่ 4.8) ดังนั้นจากทฤษฎีการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนของ Schwartz (1982) จึงทำให้ตะกอนบริเวณรอบปะการังเทียมทุกก้อนสามารถเคลื่อนที่ได้ภายใต้กระแสน้ำสูงสุดที่วัดได้

การเคลื่อนที่ของตะกอนดังกล่าว ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดตะกอนภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง และเนื่องจากกระแสน้ำบริเวณที่ทำการทดลองมีการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นด้านที่ได้รับผลกระทบจากกระแสน้ำมากคือ บริเวณด้านตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 4.5) คือ จุดที่ 11 - 13 การเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนบริเวณตำแหน่งที่ 11 – 13 ทำให้ตะกอนในบริเวณดังกล่าวมีขนาดตะกอนเฉลี่ยใหญ่ขึ้น แล้วทำให้ตะกอนบริเวณด้านหลังมีขนาดตะกอนเฉลี่ยเล็กลง โดยเฉพาะจุดที่ 1 – 5 ตะกอนจะถูกเปลี่ยนแปลงขนาดโดยจะทำให้มีขนาดตะกอนเฉลี่ยที่เล็กลงกว่าในจุดอื่น ด้วยเหตุที่จุดที่ 11 – 13 ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าจะมีการเคลื่อนที่ของตะกอนจากจุดที่ 11 – 13 ไปยังบริเวณจุดที่ 1 – 5

5.3.2 การเคลื่อนที่ของตะกอนรอบก้อนปะการังเทียม

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่ามีทั้งการเซาะตัวออก และการพอกตัวของตะกอนที่พื้น รอบก้อนของปะการังเทียม ทำให้มีความแตกต่างของขนาดตะกอนแต่ละด้าน แต่ละเดือน และแต่ละก้อน และเมื่อพิจารณาขนาดตะกอนเฉลี่ยจากรูปที่ 4.6 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงขนาดตะกอนรอบก้อนปะการังเทียมต่างกันออกไปในแต่ละเดือน เมื่อเปรียบเทียบขนาดตะกอนที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบก้อนปะการังเทียมพบว่าตะกอนที่พื้นมีขนาดไม่เท่ากับตะกอนในกระบอก โดยตะกอนที่พื้นจะมีขนาดตะกอนใหญ่กว่าตะกอนในกระบอก ณ จุดเดียวกัน ดังนั้นตะกอนที่เคลื่อนที่เข้ามาในกระบอกจึงอาจประกอบไปด้วยที่มีขนาดเล็กตะกอนแขวนลอย หรือตะกอนจากบริเวณพื้นใกล้เคียงเคลื่อนที่เข้ามา ซึ่งสามารถถูกกระแสน้ำพัดพาให้เคลื่อนที่ออกไปได้

จากการเปรียบเทียบขนาดตะกอนในกระบอกดักตะกอนในแต่ละเดือน พบว่า ตะกอนในกระบอกมีขนาดใหญ่ขึ้นในบางเดือน ซึ่งความเร็วกระแสน้ำมากจะทำให้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่เคลื่อนที่ได้ (เส้นกราฟ Hjulstrom ใน Beer, 1983) ดังนั้นจะมีการเคลื่อนที่ของตะกอนที่มีขนาดใหญ่เข้าไปตกในกระบอกฯ ได้เมื่อมีความเร็วกระแสน้ำมาก ซึ่งจะทำให้ตะกอนในกระบอกมีขนาดตะกอนเฉลี่ยที่ใหญ่มากขึ้น จากผลการศึกษาในรูปที่ 4.6 พบว่า เดือนมิถุนายนตะกอนที่พื้นรอบปะการังเทียมมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ที่สุดจึงเป็นเดือนที่กระแสน้ำรุนแรงมากที่สุด

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ในเดือนกรกฎาคมตะกอนในกระบอกมีขนาดใหญ่มากที่สุด ซึ่งแสดงว่ามีการเคลื่อนที่ของตะกอนที่มีขนาดใหญ่มากที่สุดในเดือนดังกล่าว โดยที่ในเดือนกรกฎาคมความเร็วกระแสน้ำน้อยกว่าในเดือนมิถุนายน แต่ความสูงคลื่นมากขึ้นกว่าในเดือนมิถุนายน ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่ความสูงคลื่นจะมีความเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของตะกอนที่มีขนาดใหญ่

จากรูปที่ ง.1 - ง.5 พบว่า ตะกอนในกระบอกดักตะกอนและที่พื้น มีการกระจายตัวของขนาดตะกอนที่ใกล้เคียงกัน Kuenen (1950) ได้กล่าวไว้ว่า ความเร็วกระแสน้ำมากจะทำให้ตะกอนตะกอนที่มีขนาดใหญ่มีการเคลื่อนที่โดยใช้ระยะเวลาในการตกลงมาน้อย จึงทำให้ตะกอนมีการเคลื่อนตัวไปตกในบริเวณใกล้ๆ ในกระบอกดักตะกอนในบริเวณที่ใกล้กับบริเวณที่มีการเซาะตัวออกของตะกอน และตะกอนที่มีขนาดเล็กจะมีระยะเวลาในการตกลงมามากจึงตกเลยออกไปจากกระบอกฯ ดังนั้นในเดือนกรกฎาคมซึ่งขนาดตะกอนในกระบอกฯ มีขนาดใกล้เคียงกับที่พื้น จึงเป็นเดือนที่มีความเร็วกระแสน้ำมากทำให้มีการเคลื่อนที่ของตะกอนที่มีขนาดใหญ่เข้าไปตกในกระบอกฯ บริเวณตำแหน่งเดียวกับที่มีการเซาะตัวออกของตะกอน

ความลึกของหลุมกัดเซาะตื้นขึ้นในเดือนกรกฎาคม ในขณะที่ความลึกของการจมตัวมากขึ้นในรูปที่ 4.7 อาจเกิดจากการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำประจำถิ่นที่มีความเร็วมาก ซึ่งพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีการเคลื่อนที่ของตะกอนที่มีขนาดใหญ่จากด้านตะวันตก มาพอกตัวทางฝั่งตะวันออก และอาจเกิดจากการเคลื่อนที่ของตะกอนจากทางฝั่งตะวันออก แล้วไปพอกตัวทางฝั่งตะวันตกของก้อนปะการังเทียม เนื่องจากมีกระแสน้ำที่พัดมาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีความเร็วกระแสน้ำน้อยกว่าความเร็วกระแสน้ำจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ จึงพัดพาตะกอนทรายที่มีขนาดเล็กกว่ามาพอกบริเวณหลุมทางฝั่งตะวันตก จึงทำให้มีการเคลื่อนที่ของตะกอนที่มีขนาดเล็กนั้น ออกจากหลุมทางฝั่งตะวันตกได้เมื่อมีการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่มีความเร็วมากกว่า และจากตารางที่ 4.9 และ รูปที่ 4.6 พบว่าตะกอนที่พื้นบริเวณรอบก้อนปะการังเทียมในเดือนสิงหาคมมีขนาดตะกอนเฉลี่ยใหญ่กว่าในเดือนกรกฎาคม ก็อาจจะเป็นไปได้ที่ในเดือนดังกล่าว กระแสน้ำเบาลงทำให้มีการเคลื่อนที่ของตะกอนเฉพาะตะกอนที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากเป็นตะกอนขนาดเล็ก ทำให้ตะกอนขนาดเล็กที่เคลื่อนที่มาพอกตัวบริเวณรอบปะการังเทียมนั้น ถูกกระแสน้ำพัดพาให้เคลื่อนที่ออกไปได้อีก

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกอนแต่ละด้าน พบว่า ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ก้อนที่ 2 และ 3 จะมีตะกอนในกระบอกด้านทิศตะวันออกและด้านทิศใต้ มากกว่า ด้านทิศเหนือและด้านทิศตะวันตกแต่สำหรับก้อนที่ 1 และ ก้อนที่ 4 มีตะกอนในกระบอกด้านทิศเหนือและด้านทิศตะวันตก มากกว่า ด้านทิศตะวันออกและด้านทิศใต้ อาจจะมีสาเหตุจากก้อนที่ 2 มีพื้นที่ในการรับกระแสน้ำเช่นเดียวกับก้อนที่ 3 และ ก้อนที่ 1 มีพื้นที่ในการรับกระแสน้ำเช่นเดียวกับก้อนที่ 4 ทำให้ก้อนที่ 2 และ 3 และ ก้อนที่ 1 และ 4 จะมีปริมาณตะกอนในกระบอกดักตะกอนแต่ละด้านในลักษณะมากและน้อยบริเวณด้านเดียวกัน ดังนั้นพื้นที่ในการรับกระแสน้ำของปะการังเทียมจึงอาจมีผลต่อลักษณะการฟุ้งกระจายของตะกอนบริเวณรอบก้อนปะการังเทียม

จากรูปที่ 4.8 พบว่า ปริมาณตะกอนในกระบอกดักตะกอนบริเวณก้อนที่ 3 มากที่สุด รองลงมาคือก้อนที่ 4, 2 และ 1 ตามลำดับ จึงอาจเป็นไปได้ที่ปริมาณการฟุ้งกระจายอาจจะเกี่ยวข้องกับขนาดตะกอนบริเวณพื้นที่วางปะการังเทียม และจากรูปที่ 4.8 ยังพบอีกว่าในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมที่มีความสูงคลื่นมากทำให้มีปริมาณตะกอนในกระบอกมากกว่าในเดือนอื่น ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ที่ความรุนแรงของคลื่นจะมีผลต่อการฟุ้งกระจายของตะกอนรอบก้อนปะการังเทียมด้วย

เนื่องจากการศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอนเข้ามาในบริเวณรอบก้อนปะการังเทียม ได้ใช้กระบอกในการดักตะกอนจากตะกอนแขวนลอยและจากตะกอนรอบๆ ก้อนปะการังเทียม ซึ่งถ้าความสูงของตะกอนในกระบอกมีปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับความลึกของการจมตัว แสดงว่าการจมตัวของปะการังเทียมเกิดจากการตกตะกอนทับถม แต่ผลการทดลองปรากฏว่า ความสูงเนื่องจากการพอกตะกอนน้อยกว่าความลึกของการจมตัวของปะการังเทียม (รูปที่ 4.7 และ 4.11) จึงสรุปได้ว่าการจมตัวของปะการังเทียมไม่ได้เกิดจากการตกตะกอนทับถม และจากการศึกษาพบว่ามีการเคลื่อนที่ของตะกอนบริเวณรอบก้อนปะการังเทียมทำให้เกิดการพอกตัวของตะกอนบริเวณฐานของปะการังเทียม ซึ่งการเคลื่อนตัวของตะกอนบริเวณรอบก้อนปะการังเทียมนี้อาจทำให้ปะการังเทียมถูกฝังตัวได้ในอนาคต

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา และ ข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

การจมตัวของปะการังเทียมมีสาเหตุมาจากการเซาะตัวของตะกอน โดยที่เมื่อความเร็วกระแสน้ำถึงค่าความเร็วกระแสน้ำวิกฤตในบริเวณนั้น จะทำให้มีการเซาะตัวออกของตะกอนที่พื้นตรงฐานของปะการังเทียมบริเวณที่ปะทะกับกระแสน้ำ เกิดเป็นหลุมเนื่องจากการเซาะตัวออกของตะกอน แล้วทำให้ก้อนปะการังเทียมเอียงตัวตรงบริเวณที่มีการเซาะตัวออกของตะกอน แล้วจึงจมตัวลงในที่สุด ตะกอนที่ถูกเซาะออกจะเคลื่อนที่ไปตามไหลของกระแสน้ำ ทำให้เกิดการพอกตัวของตะกอนที่พื้นบริเวณหลุมรอบปะการังเทียม ซึ่งถ้าความเร็วกระแสน้ำมากจะทำให้ตะกอนขนาดใหญ่สามารถเคลื่อนที่ได้ และตกลงมาในระยะใกล้ ทำให้มีการพอกตัวของตะกอนที่พื้นบริเวณหลุมรอบปะการังเทียม ส่วนตะกอนขนาดเล็กที่ตกลงมาในหลุมจะถูกกระแสน้ำพัดพาออกไปได้ ซึ่งการพอกของตะกอนนี้ไม่ทำให้ปะการังเทียมจมตัวลง แต่จะทำให้มีเกิดพอกตัวรอบๆ ก้อนปะการังเทียม ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ปะการังเทียมถูกฝังตัวได้ในอนาคต

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจมตัวของปะการังเทียม ได้แก่ ความเร็วและทิศทางกระแสน้ำประจำถิ่น รูปทรงและลักษณะการวางตัวของปะการังเทียม ลักษณะตะกอนพื้นทะเล และคลื่น

ความเร็วกระแสน้ำประจำถิ่นจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเร็วลมในแต่ละฤดูกาล โดยที่กระแสน้ำจะมีทิศทางเดียวกับทิศทางลม และในช่วงมรสุมจะทำให้ความเร็วกระแสน้ำมากขึ้น เมื่อความเร็วกระแสน้ำมากจะเซาะตะกอนออกมามากทำให้เกิดหลุมลึก และทำให้มีการเคลื่อนที่ของตะกอนที่มีขนาดใหญ่ซึ่งจะเคลื่อนที่ออกไปยากเข้ามาที่หลุม ทิศทางกระแสน้ำ รูปทรง และลักษณะการวางตัวของปะการังเทียม จะมีผลต่อการพื้นที่ในการเกิดหลุม โดยที่ลักษณะพื้นทะเลที่วางปะการังเทียมถ้าเป็นตะกอนทรายที่มีความละเอียดมาก จะมีการจมตัวของปะการังเทียมมากกว่าบริเวณที่เป็นตะกอนทรายที่หยาบ และนอกจากความเร็วกระแสน้ำแล้วยังอาจมีอิทธิพลของคลื่นทำให้เกิดการเซาะออกและพอกตัวของตะกอนรอบฐานของปะการังเทียมได้อีกด้วย

6.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการจัดสร้างปะการังเทียมบนพื้นทราย ควรเลือกบริเวณที่จะทำให้มีการจมตัวของปะการังเทียมน้อยที่สุด โดยควรจัดสร้างในบริเวณที่มีความเร็วกระแสน้ำไม่แรงมากนัก และตะกอนทรายที่พื้นท้องทะเลโดยเฉลี่ยในบริเวณนั้นต้องมีขนาดใหญ่ เพื่อมิให้ตะกอนถูกเซาะออกได้โดยง่าย ดังนั้นก่อนการจัดสร้างจึงควรมีการสำรวจความเร็วกระแสน้ำควบคู่กับการหาขนาดตะกอนเฉลี่ยทุกครั้ง

2) ควรจัดสร้างโดยการจัดวางรวมกลุ่มปะการังเทียมไม่วางให้กระจัดกระจาย เพื่อให้ลดพื้นที่ปะทะกับกระแสน้ำประจำถิ่นในบริเวณนั้น

3) ในการจัดสร้างปะการังเทียม จะทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายตัวของตะกอนแบบฟุ้งบริเวณรอบๆ กองปะการังเทียม และจะเคลื่อนที่ห่างออกไปได้ไกล เมื่อความเร็วกระแสน้ำประจำถิ่น และความเร็วกระแสน้ำเนื่องจากมรสุมในบริเวณนั้นมีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้นในการจัดสร้างปะการังเทียมต้องคำนึงถึงผลกระทบที่จะมีต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่โดยรอบ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยด้วย

4) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระยะเวลาเมื่อถึงสมดุลของการจมตัวจะมีการเคลื่อนตัวของตะกอนรอบฐานของปะการังเทียมอย่างไร แล้วจะทำให้เกิดการฝังตัวของปะการังเทียมอย่างไร และจะมีอิทธิพลอะไรมาเกี่ยวข้องบ้าง รวมทั้งอัตราการฝังตัวจะเป็นเท่าไร

5) ควรทำการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของอิทธิพลของคลื่นกับการจมตัวของปะการังเทียมในอนาคต ทั้งนี้เพื่อให้การศึกษาการจมตัวของปะการังเทียมสมบูรณ์และชัดเจนยิ่งขึ้น

6) การศึกษานี้ยังเป็นพื้นฐานในการพิจารณาจัดสร้างสิ่งก่อสร้างอื่นๆ เช่น เขื่อนกั้นน้ำ และสะพานเทียบเรือต่อไปด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา ทรัพย์สมวงศ์. 2519. การตกตะกอนบริเวณท่าเทียบเรือของกองเรือยุทธการ ฐานทัพเรือสัตหีบ จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยวัฒน์ ผลพิรุฬ. 2529. องค์ประกอบในการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนล่าง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธานินทร สิงหไกรวรรณ, วิชาญ อิงศรีสว่าง, เสาวนีย์ สิงหะไกรวรรณ และ สมนึก กบิลรัมย์. 2542. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการสร้างแหล่งสาหร่ายบนปะการังเทียมเพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อพันธุ์พื้นเมือง *Haliotis asinina* Linnaeus ในสภาพธรรมชาติเพื่อพัฒนาไปสู่การส่งเสริมการเลี้ยงในเชิงพาณิชย์. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ชุดโครงการอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ.

วิชาญ อิงศรีสว่าง. 2543. การทดลองสร้างปะการังเทียมเพื่อใช้เป็นแหล่งอนุรักษ์ และ แพร่พันธุ์สัตว์น้ำ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5. กรุงเทพมหานคร : กองประมงทะเล กรมประมง.

วิชาญ อิงศรีสว่าง และ ธานินทร สิงหไกรวรรณ. 2539. การทดลองเปรียบเทียบการจมตัวของปะการังเทียมรูปแบบต่างๆ บนพื้นทราย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 58 เดือนสิงหาคม 2539. จังหวัดระยอง : ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล กรมประมง.

วีระพล แต้สมบัติ. 2539. อุทกวิทยาประยุกต์. ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์.

สันติ สังข์ทอง. 2530. ติดตามผลการจัดสร้างแหล่งอาศัยสัตว์ทะเล ปี พ.ศ. 2521 - 2530 บริเวณจังหวัดระยอง. เอกสารวิชาการ. ฉบับที่ 9. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล กรมประมง.

สำราญ ฤทธิ์รักษา และ สุรพล วัฒนกุล. 2519. รายงานผลการสำรวจการจับสัตว์น้ำด้วยเครื่องมืออวนรุนในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกและอ่าวไทยตอนใน. รายงานปลาหน้าดิน. ฉบับที่ 2. กรุงเทพมหานคร : กองประมงทะเล กรมประมง.

หมั่น โพธิ์วิจิตร. 2529. สมุทรศาสตร์เบื้องต้น. 2 เล่ม. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทกศาสตร์, กรม. กองทัพเรือ. 2538. รายงานการวิเคราะห์ข้อมูลสมุทรศาสตร์เขตกลางอ่าวไทย. กรุงเทพมหานคร : กองสร้างแผนที่ กรมอุทกศาสตร์.

อุทกศาสตร์, กรม. กองทัพเรือ. 2544. มาตราน้ำ : น่านน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา – อ่าวไทย – ทะเลอันดามัน พ.ศ. 2544. กรุงเทพมหานคร : กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ.

ภาษาอังกฤษ

Anukul Buranaprathepat. 1997. Hydrodynamic model for investigation of oil spil in the gulf of Thailand. Master' s Thesis, Department of Marine Science in Marine Science, Graduate School, Chulalongkorn University.

Bagnold, R. A. 1988. Grain structure of sand dunes and its relation to their water content. In Thorne, C. R., Arthur, M. and Bradley, J. B., The physics of sediment transport by wind and water, pp. 37 - 39. New York : American society of civil engineers.

Beer, T. 1983. Environmental oceanography : An introduction to the behaviour of coastal waters. Australia : Pergamon Press.

Breusers, H.N.C. and Raudkivi, A. J. 1991. Hydraulic structures design manual : scouring. Netherlands : Brookfield.

Buchanan, J. B. and Kain, J. M. 1971. Measurement of the physical and chemical Environment. In Holme, N. A. and McIntyre, A. D. (ed.), Methods for the study of marine benthos, pp. 30 - 58. Great Britain : Burgess and son (abingdon).

D' ITRI, F. M. 1986. Artificial reefs marine and fresh water applications. USA : Lewis.

Gardner, W. D. 1980. Field assessment of sediment traps. Journal of marine research 38, 1 : 41 - 52.

Hurme, A. K. 1979. Rubble - mound structure as artificial reefs. Proceedings of specialty conference on coastal structures 79 : 14 - 16. Alexandria : ASCE.

Joompol Sanguansin and Namba, T. 1998. Water current in Phe Bay, Rayong province, Thailand. Thai marine fisheries research bulletin 6 : 59 - 66.

Kuenen, H., Ph. 1950. Marine geology. New York : John Wiley & Sons.

Laursen, E. M. and Toch, A. 1956. Scour around bridge piers and abutments. Iowa highway research board bulletin 4 : 1 – 60.

Mudroch, A., Azcne, J. M. and Mudroch, P. 1997. Manual of physico - chemical analysis of aquatic sediments. Tokyo : Lewis.

Nakamura, M. 1982. Marine construction technology for aquaculture fisheries. Aquabio. Tech. Rept. 604 : 168 – 179.

Schwartz, M. 1982. The encyclopedia of earth sciences 15. Pennsylvania : Hutchinson Ross.

Sheng, Y. P. 2000. Physical characteristics and engineering at reef sites. In Seaman, W., Jr. (ed.), Artificial reef evaluation with application natural marine habitats, pp. 51 - 94. New York : CRC Press.

Sumer, B. M., Truelsen, C., Sichmann, T. and Fredsøe, J. 2001. Onset of scour Below pipelines and self - burial. Coastal Engineering 42 : 313 - 335.

Takahashi, k., Sumitra Rassmee and Narong Ruangsivakul. 1986. Oceanographic conditions in the coastal waters of Rayong province, Thailand. Research Paper Series, 11. Bangkok : Southeast asian fisheries development center.

Vicharn Ingsrisawang, Kimura, H., and Ban, M. 1991. Experiment on local scour and embedment of artificial reef models due to wave action in shallow water area. Thai marine fisheries research bulletin 7 : 26 - 34.

Vicharn Ingsrisawang, Tanin Singhagriwan and Kimura, H. 1994. A comparative analysis of fish attraction due to various shapes artificial reef in Phe Bay, Eastern gulf of Thailand. Thai marine fisheries research bulletin 5 : 1 - 12.

Vicharn Ingsrisawang. 1993. A study on local scour around artificial reefs. Master' s Thesis, Department of Fisheries Engineering, Graduate School, Agriculture Kochi University, Japan.

Vicharn Ingsrisawang. 1996. A study on local scour similarity around artificial fish reefs and its application. Doctoral dissertation, Department of Fisheries Engineering, Graduate School, Agriculture Sciences Ehime University, Japan.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 การบรรยายเชิงเส้นกราฟ และสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล
(Graphical presentation and statistic of analysis data)

ในการแสดงภาพข้อมูลด้านการกระจายตัวของความถี่ มี 2 วิธีที่ใช้ คือ ฮีสโตแกรมของการกระจายตัวของความถี่ (The frequency distribution histogram) และเส้นโค้งความถี่สะสม (The cumulative frequency curve) แต่ส่วนใหญ่นิยมใช้เส้นโค้งความถี่สะสมในการแสดงผล โดยการแยกขนาดไว้ในแกนนอนเป็นหน่วย “ฟายด์ (phi : ϕ)” ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นไปทางขวาของแกน แต่จะมีขนาดที่เล็กลง การคำนวณค่าฟายด์จะใช้สูตร

$$\phi = - \log_2 X$$

โดยที่ X เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอนมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

ค่าฟายด์สามารถเทียบกับขนาดที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรดังในตารางข้างล่าง

The Wentworth Scale the 2, and ϕ notation

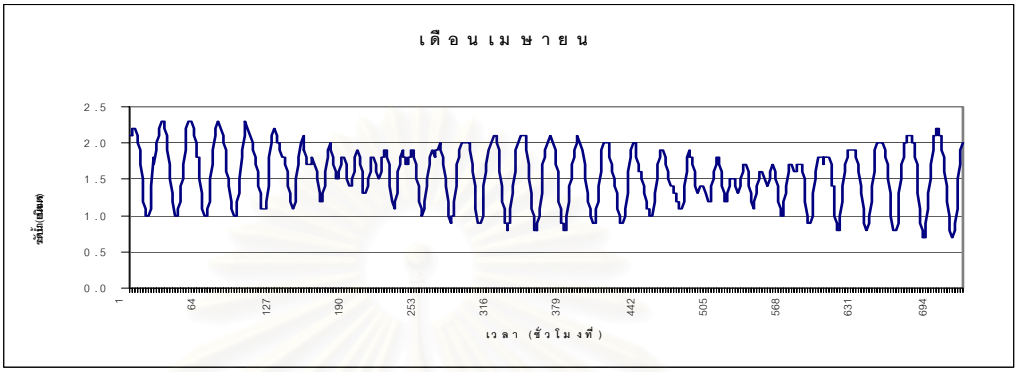
	2 scale mm.	ϕ
Sand	2	-1
	1	0
	0.5	+1.0
	0.250	+2.0
	0.125	+3.0
Silt	0.062	+4.0
	0.031	+5.0
	0.0156	+6.0
	0.0078	+7.0
	0.0039	+8.0
Clay	$<$ 0.0039	

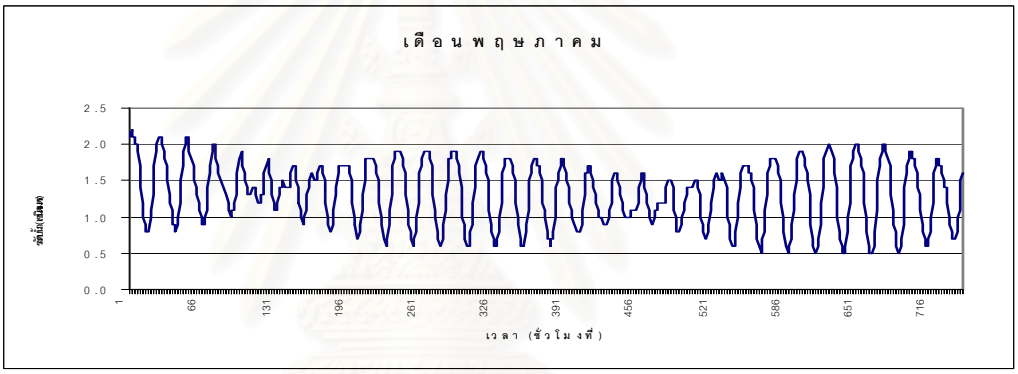
ที่มา : Buchanan และ Kain (1971)

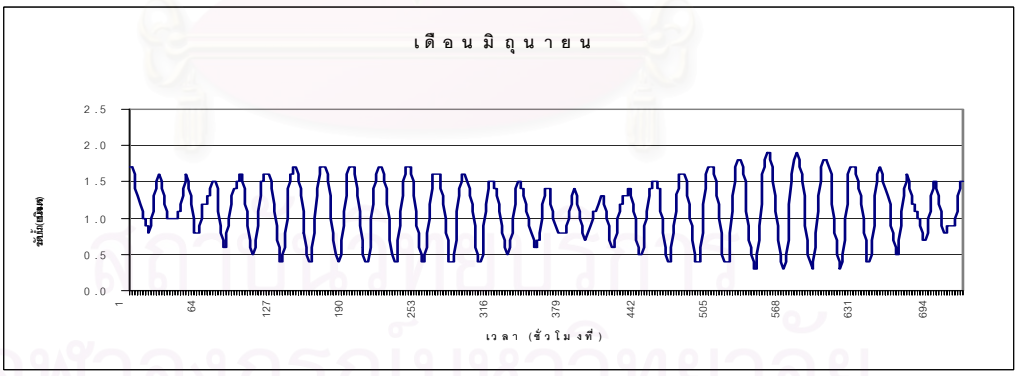
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

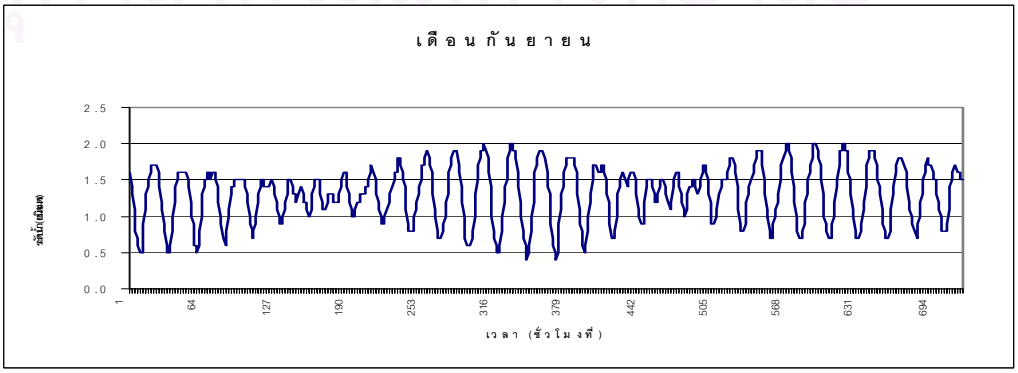
ภาคผนวก ข

รูปที่ ข.1 ระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากมาตรวัดระดับน้ำ ปี พ.ศ. 2544 บริเวณปากแม่น้ำระยอง









ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายบริเวณรอบที่ทำการทดลอง ก่อนวางปะการังเทียม

จุดที่	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
	< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	3.07	6.57	18.73	9.03	12.28	10.42	39.90
2	2.24	6.69	17.73	8.99	11.76	11.39	41.20
3	2.15	6.62	12.98	14.99	19.64	19.22	24.40
4	3.03	3.81	7.65	19.32	23.81	23.05	19.33
5	2.12	3.21	7.86	19.39	22.37	19.44	25.60
6	8.95	2.31	15.89	38.51	26.22	7.25	0.87
7	2.16	4.61	13.63	36.13	22.87	11.60	9.00
8	10.79	6.82	8.22	19.35	12.01	14.31	28.50
9	1.51	3.17	7.11	19.57	25.90	15.94	26.80
10	2.04	3.49	7.26	12.11	20.86	19.71	34.53
11	2.37	5.10	8.73	26.38	24.43	10.79	22.20
12	2.68	3.80	12.66	38.87	25.06	8.19	8.73
13	2.19	1.75	15.41	46.31	26.07	7.67	0.60
14	1.92	2.11	24.75	44.25	20.51	5.13	1.33
15	2.24	3.00	65.52	26.66	1.86	0.52	0.20

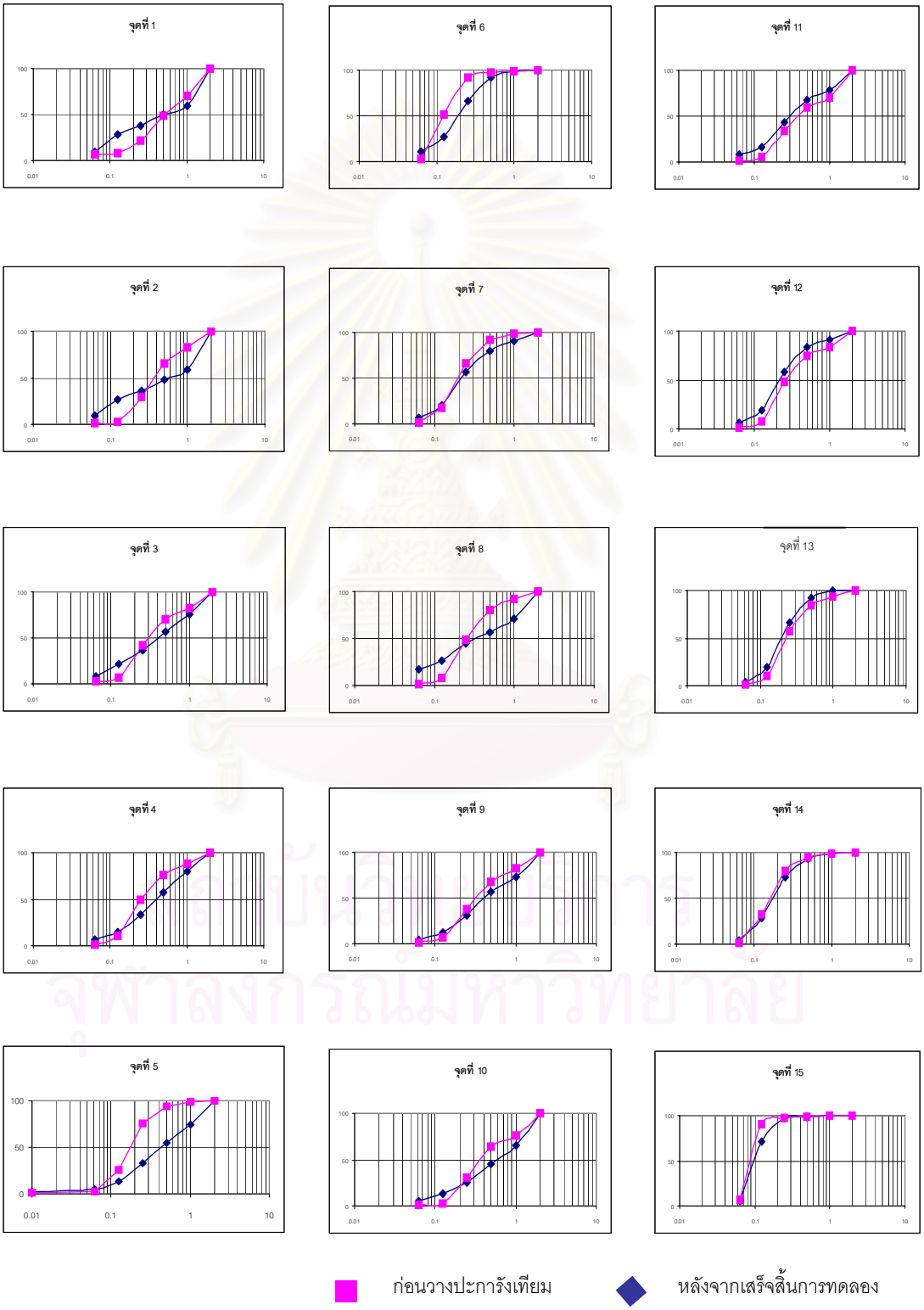
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.2 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายบริเวณรอบที่ทำการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

จุดที่	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
	< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	5.82	0.37	1.90	13.94	27.00	21.35	29.63
2	0.26	0.51	2.28	26.09	36.71	17.12	17.03
3	2.64	0.33	4.09	34.48	29.32	11.69	17.45
4	0.74	0.69	8.77	38.59	27.35	12.41	11.44
5	1.39	0.91	23.17	50.16	18.61	4.72	1.05
6	1.51	1.00	48.67	40.31	5.78	2.02	0.71
7	0.86	0.75	15.59	48.65	26.15	6.99	1.01
8	1.23	0.69	6.48	40.03	31.52	11.75	8.31
9	0.31	1.29	5.23	30.83	29.88	14.76	17.71
10	0.71	0.34	2.13	27.08	33.91	12.21	23.61
11	0.48	0.71	3.90	28.26	26.74	10.58	29.33
12	0.69	0.92	6.49	40.19	26.15	9.00	16.56
13	0.56	0.57	8.86	47.48	26.96	9.20	6.37
14	0.82	0.80	30.80	47.61	14.79	3.69	1.49
15	2.73	3.53	84.52	6.97	1.39	0.50	0.36

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.1 เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอนสะสมที่พื้น บริเวณรอบที่ทำการทดลอง เปรียบเทียบระหว่างก่อนวางปะการังเทียมและหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง



ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียมในเดือนเมษายน

ก้อนที่	มุม	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	A	1.0	3.0	9.0	25.2	22.4	13.2	26.4
	B	3.5	6.7	13.3	28.3	23.8	13.5	10.9
	D	2.7	4.1	9.8	23.8	21.3	13.8	24.5
	C	1.1	6.1	9.7	20.9	19.0	12.0	31.1
2	A	2.3	3.5	10.7	27.0	20.5	12.8	23.2
	B	1.3	2.2	11.0	39.0	25.3	9.8	11.4
	D	1.0	2.7	12.4	41.7	25.3	10.4	6.5
	C	2.1	3.1	10.9	36.6	26.4	12.3	8.7
3	A	1.0	1.1	8.9	36.7	31.5	15.0	5.8
	B	5.7	1.4	10.7	43.3	26.5	10.7	1.7
	D	1.7	2.1	13.3	39.9	27.2	11.1	4.6
	C	1.9	3.0	14.2	42.2	27.0	9.6	2.1
4	A	0.7	2.0	13.9	38.3	27.5	11.9	5.7
	B	1.3	1.0	14.0	41.4	29.4	10.3	2.7
	D	2.7	1.7	14.2	35.4	29.4	13.1	3.4
	C	1.8	3.1	12.5	35.5	22.5	11.1	13.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียมในเดือนมิถุนายน

ก้อนที่	ทิศ	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	A	1.1	1.3	10.4	40.1	32.4	11.9	2.8
	B	0.3	1.2	4.2	17.9	25.6	18.7	32.0
	D	2.9	9.0	12.8	19.9	21.1	14.2	20.1
	C	3.6	12.0	20.6	22.6	18.5	10.4	12.2
2	A	0.9	0.9	4.2	15.2	19.6	14.4	44.8
	B	0.7	1.6	7.1	21.4	18.7	12.3	38.4
	D	0.9	0.6	3.3	30.2	37.2	17.8	9.9
	C	2.1	7.0	12.3	21.3	18.0	14.9	24.4
3	A	1.1	0.5	3.9	20.7	36.4	24.9	12.6
	B	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*
	D	1.0	1.1	6.5	32.3	30.9	14.8	13.5
	C	1.9	2.9	11.5	38.3	30.7	11.1	3.5
4	A	0.7	1.1	17.0	45.3	24.7	7.8	3.4
	B	0.0	1.2	13.0	43.2	31.0	9.8	1.8
	D	0.4	0.9	8.8	27.8	33.8	19.8	8.5
	C	0.8	1.0	15.6	49.1	27.1	5.6	0.7

หมายเหตุ : n.d* หมายถึง ไม่มีข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.3 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียมในเดือนกรกฎาคม

ก้อนที่	ทิศ	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	A	1.0	1.0	9.0	31.8	25.8	13.8	17.6
	B	0.6	1.0	7.6	31.0	30.4	17.4	12.0
	D	1.0	0.2	5.4	27.8	34.0	19.0	12.6
	C	0.6	0.8	7.6	27.4	22.8	14.2	26.6
2	A	0.6	0.6	7.6	32.4	24.4	10.8	23.6
	B	0.6	0.6	7.6	27.8	30.6	22.6	10.2
	D	1.2	2.0	11.2	35.2	24.2	10.6	15.6
	C	1.2	1.8	10.0	35.8	23.0	10.6	17.6
3	A	1.0	0.4	10.2	39.2	28.4	11.8	9.0
	B	0.4	0.8	12.6	43.6	29.0	9.2	4.4
	D	0.4	0.8	12.2	44.0	27.8	10.0	4.8
	C	2.8	1.4	14.6	42.0	26.8	11.2	1.2
4	A	1.2	0.8	14.2	41.4	31.4	9.6	1.4
	B	1.0	0.6	15.6	47.0	28.0	6.6	1.2
	D	0.0	0.6	15.4	45.6	30.4	6.8	1.2
	C	0.2	0.8	18.4	49.4	24.6	5.6	1.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียมในเดือนสิงหาคม

ก้อนที่	ทิศ	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	A	1.2	1.8	5.3	21.7	20.6	14.1	35.2
	B	1.0	0.4	5.7	35.0	30.1	13.6	14.1
	D	1.9	0.4	4.0	33.2	35.2	15.9	9.4
	C	0.0	0.6	4.8	26.6	21.0	11.1	36.0
2	A	1.3	1.4	7.3	29.0	22.8	11.3	26.9
	B	0.6	1.0	5.8	19.6	18.6	12.3	42.1
	D	22.1	1.7	10.2	34.9	2.5	10.3	18.2
	C	0.0	1.1	7.3	32.5	22.1	11.5	25.5
3	A	0.8	0.5	9.1	37.2	27.4	12.7	12.3
	B	2.1	0.8	7.9	30.8	31.1	18.0	9.4
	D	0.6	1.7	12.8	42.0	28.9	9.9	4.1
	C	1.5	2.3	12.3	41.2	27.9	9.1	5.7
4	A	1.2	0.7	12.8	45.2	31.8	6.6	1.7
	B	1.7	0.6	11.7	41.9	30.6	9.2	4.3
	D	0.0	0.3	9.5	35.6	26.8	10.2	17.6
	C	0.8	0.8	17.2	48.1	24.4	5.9	2.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.5 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายที่พื้น บริเวณรอบปะการังเทียมในเดือนกันยายน

ก้อนที่	ทิศ	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	A	1.2	0.7	4.0	22.7	25.6	18.8	27.0
	B	0.0	0.7	5.1	32.5	33.8	14.3	13.7
	D	1.7	2.7	9.7	29.0	25.8	14.8	16.2
	C	0.6	3.5	6.9	24.8	26.2	14.9	23.0
2	A	2.7	4.1	9.9	30.6	25.4	11.1	16.1
	B	0.0	0.7	6.6	31.0	28.1	16.3	17.2
	D	1.3	3.2	12.1	39.1	21.0	9.3	13.9
	C	0.6	1.3	10.1	42.0	24.2	9.9	12.0
3	A	0.9	0.6	9.8	43.7	27.2	10.0	7.8
	B	0.8	0.8	6.9	32.9	38.8	16.1	3.6
	D	1.0	1.6	13.8	48.3	27.1	6.8	1.4
	C	1.1	2.4	11.3	38.8	26.5	12.6	7.3
4	A	1.0	1.3	16.2	47.6	27.2	6.0	0.7
	B	1.0	0.8	17.4	48.3	23.7	7.2	1.7
	D	0.7	0.5	11.0	41.9	28.7	8.2	9.0
	C	1.3	1.9	16.5	42.8	26.8	7.9	2.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.6 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอน รอบปะการังเทียมในเดือนเมษายน

ก้อนที่	ทิศ	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	N	22.6	13.8	11.3	20.7	13.9	4.2	13.5
	E	53.1	18.3	15.2	8.2	1.8	0.9	2.6
	S	61.0	21.4	7.7	4.8	1.8	0.8	2.4
	W	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*
2	N	69.1	15.3	7.0	4.4	1.2	0.9	2.0
	E	50.8	15.3	12.8	14.7	2.8	0.9	2.6
	S	43.0	22.9	17.0	10.7	2.4	2.3	1.7
	W	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*
3	N	59.6	18.7	9.2	5.8	2.6	1.4	2.6
	E	20.0	14.2	24.2	33.1	7.0	1.2	0.2
	S	73.1	15.2	5.8	4.2	0.7	0.7	0.4
	W	58.2	17.6	14.8	4.6	1.8	1.6	1.4
4	N	36.4	13.6	12.4	24.1	11.8	1.7	0.0
	E	32.2	11.8	19.8	30.1	4.3	0.7	1.1
	S	18.0	7.5	24.4	42.6	6.8	0.6	0.2
	W	63.5	18.6	9.9	6.0	1.2	0.6	0.2

หมายเหตุ : n.d* หมายถึง ไม่มีข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.7 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอน รอบปะการังเทียมในเดือนมิถุนายน

ก้อนที่	ทิศ	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	N	12.8	13.9	14.6	21.6	23.9	9.5	3.7
	E	49.2	19.3	12.8	9.6	4.0	2.5	2.4
	S	36.7	26.2	15.0	8.2	6.0	4.2	3.6
	W	12.2	19.6	20.6	23.5	16.5	5.7	1.9
2	N	27.5	24.8	23.6	14.1	3.5	2.5	4.0
	E	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*
	S	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*	n.d*
	W	25.3	21.2	24.5	16.4	6.5	3.5	2.7
3	N	24.0	19.5	27.2	20.7	4.8	1.9	2.0
	E	18.7	22.2	32.4	20.5	4.3	1.1	0.7
	S	7.8	10.7	23.0	39.0	16.5	2.4	0.6
	W	11.1	10.9	22.9	40.3	12.4	1.6	0.9
4	N	12.3	11.7	24.2	34.6	13.9	2.4	0.8
	E	19.2	16.3	30.7	26.2	5.5	1.3	0.9
	S	28.8	20.8	32.1	15.3	1.4	1.1	0.5
	W	33.0	16.6	20.9	21.8	6.0	1.0	0.8

หมายเหตุ : n.d* หมายถึง ไม่มีข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.8 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอน รอบปะการังเทียมในเดือนกรกฎาคม

ก้อนที่	ทิศ	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	N	1.8	7.4	22.4	39.2	20.0	7.2	2.0
	E	3.6	10.8	29.2	43.2	10.6	2.0	0.6
	S	4.8	7.6	23.4	44.8	14.4	3.2	1.8
	W	3.6	6.6	21.0	39.6	20.8	7.0	1.4
2	N	2.4	9.6	31.0	47.4	8.2	1.2	0.2
	E	9.6	9.6	20.4	38.0	15.6	3.6	3.2
	S	14.8	7.0	16.8	35.2	18.6	6.2	1.4
	W	2.8	7.0	28.4	50.8	9.6	1.2	0.2
3	N	3.8	11.6	35.6	41.6	6.6	0.6	0.2
	E	3.6	4.2	21.6	49.8	18.0	2.4	0.4
	S	3.0	3.2	15.0	42.4	28.6	6.8	1.0
	W	4.0	8.0	30.4	46.8	9.6	1.0	0.2
4	N	4.6	4.4	24.6	46.4	17.8	2.0	0.2
	E	5.2	6.8	35.2	45.2	6.0	0.8	0.8
	S	4.8	8.2	39.2	42.4	5.0	0.4	0.0
	W	5.8	9.2	31.4	38.0	13.0	2.2	0.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.9 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอน รอบปะการังเทียมในเดือนสิงหาคม

ก้อนที่	ทิศ	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	N	22.1	13.4	20.7	33.1	8.8	1.6	0.4
	E	29.8	17.3	20.8	26.1	4.0	1.2	0.8
	S	21.6	11.2	18.8	37.4	8.0	1.7	1.4
	W	12.8	8.8	18.6	40.7	14.9	3.3	0.9
2	N	19.4	12.9	24.4	35.7	5.3	1.3	1.0
	E	9.6	8.1	23.8	47.2	9.8	1.2	0.3
	S	6.4	4.9	17.4	49.1	19.1	3.0	0.2
	W	20.7	15.6	27.0	30.9	3.4	1.2	1.3
3	N	24.8	15.4	26.7	27.5	3.6	1.0	1.0
	E	5.9	5.2	22.7	51.0	13.3	1.5	0.5
	S	10.1	6.1	18.9	45.0	17.3	2.3	0.3
	W	13.0	11.8	30.0	38.3	5.5	0.8	0.5
4	N	9.2	7.6	28.9	42.1	10.4	1.4	0.4
	E	11.1	8.6	32.1	41.5	5.7	0.6	0.4
	S	17.0	11.9	35.1	29.5	2.4	1.2	2.9
	W	11.6	11.4	37.4	35.3	3.3	0.6	0.3

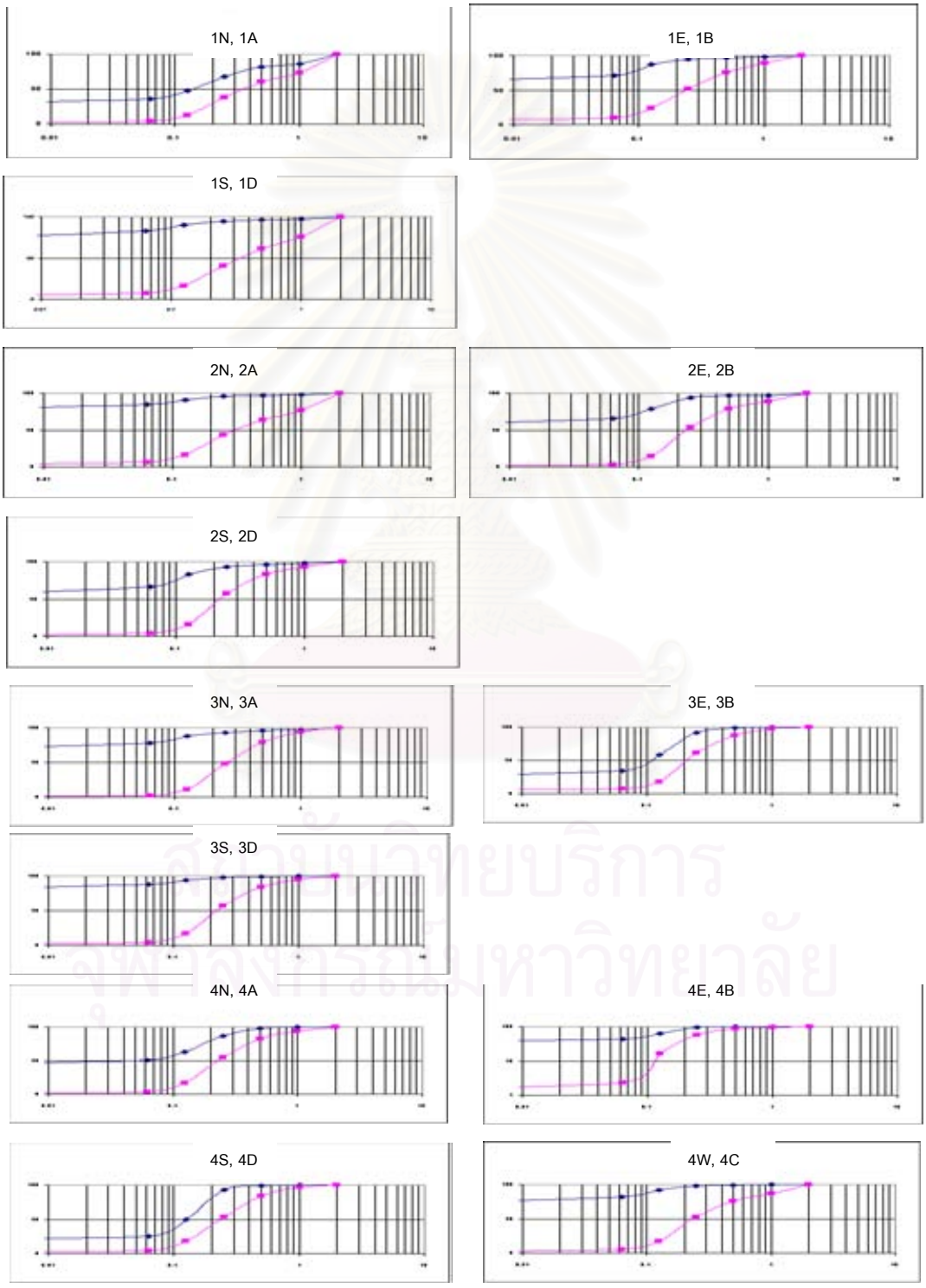
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.10 เปอร์เซนต์การกระจายตัวของตะกอนทรายในกระบอกดักตะกอน รอบปะการังเทียมในเดือนกันยายน

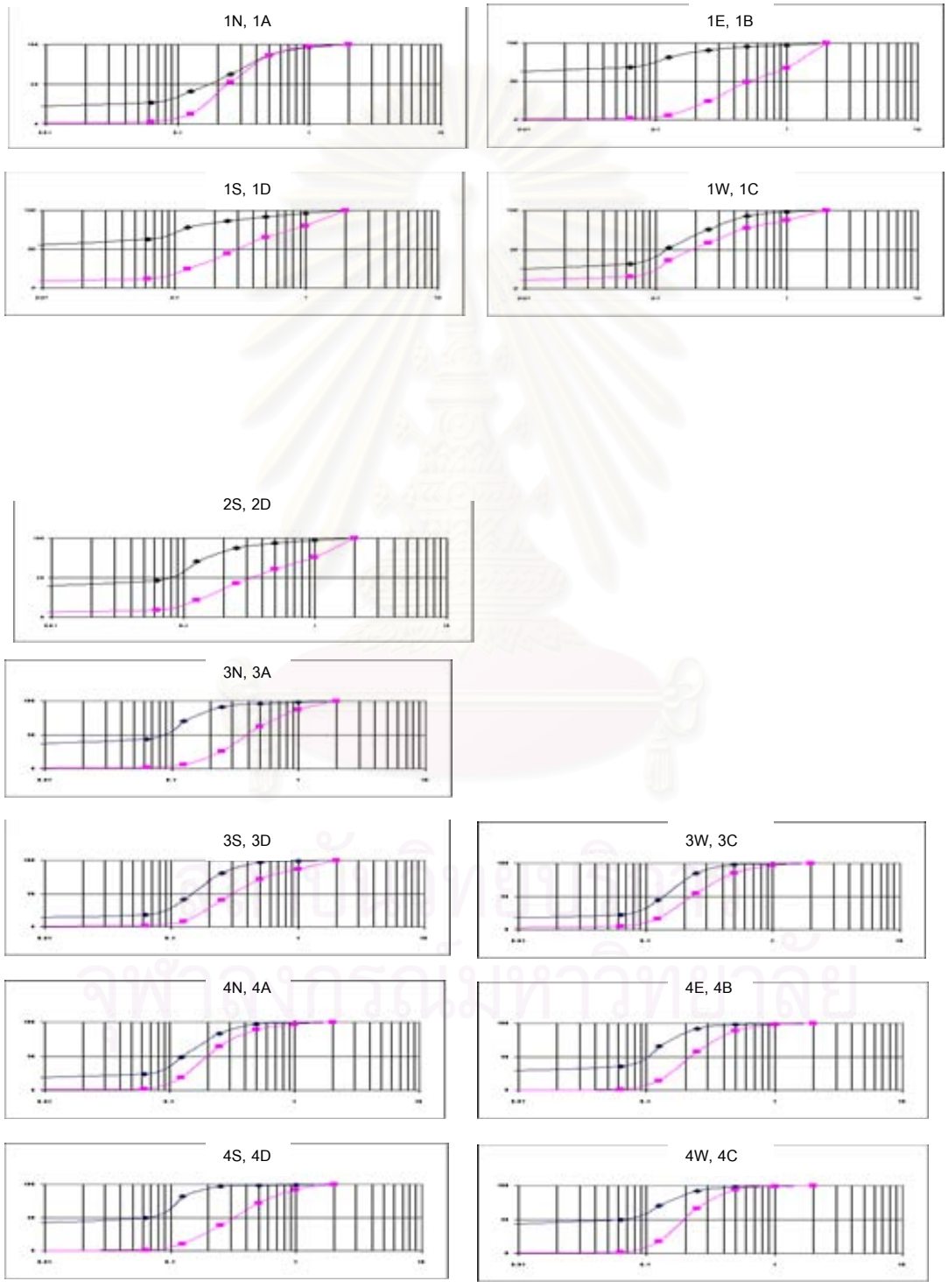
ก้อนที่	ทิศ	ขนาดตะกอน (มิลลิเมตร)						
		< 0.063	0.063	0.125	0.25	0.5	1.0	2.0
1	N	15.6	11.0	17.8	39.8	13.0	2.3	0.5
	E	27.2	17.3	19.5	29.9	4.6	1.4	0.2
	S	10.2	13.9	26.1	42.1	6.4	0.7	0.6
	W	18.3	9.7	15.7	40.6	13.4	2.0	0.3
2	N	8.8	10.7	26.9	47.2	5.3	0.5	0.7
	E	16.3	7.9	18.7	48.0	8.1	0.8	0.1
	S	10.6	6.2	15.4	48.4	17.0	2.3	0.2
	W	17.3	16.2	28.3	33.2	3.4	0.5	1.1
3	N	23.0	14.2	24.1	33.0	4.1	1.0	0.6
	E	4.9	3.9	19.6	57.2	13.0	1.1	0.2
	S	7.8	4.4	14.5	50.5	19.3	2.8	0.8
	W	16.2	10.0	27.2	40.7	5.2	0.4	0.2
4	N	8.5	6.6	28.9	49.0	6.6	0.5	0.0
	E	9.9	10.1	31.3	42.5	4.9	0.5	0.9
	S	20.8	14.1	34.4	28.7	1.8	0.2	0.0
	W	12.7	7.5	31.1	43.9	4.3	0.3	0.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

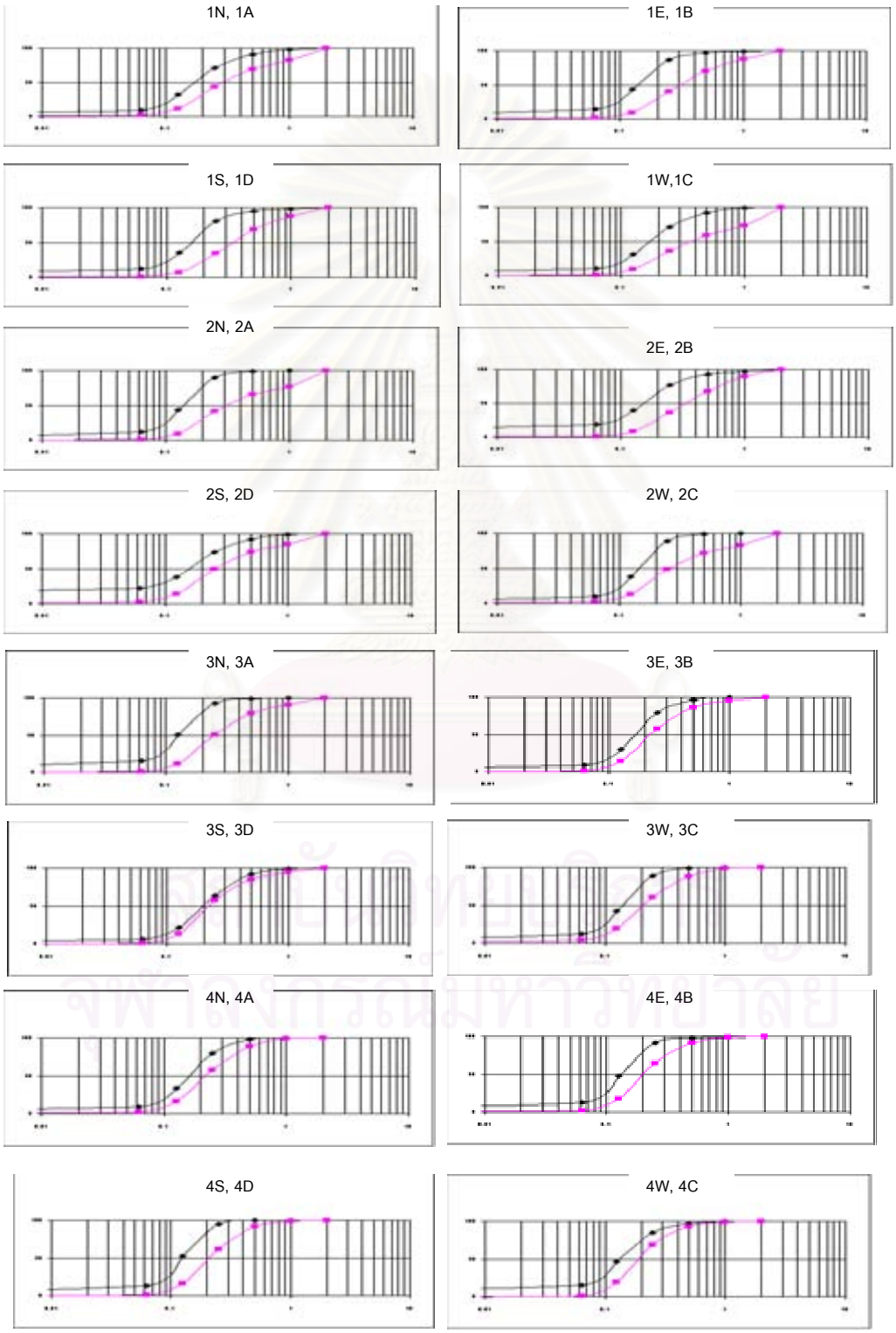
รูปที่ ง.1 เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนเมษายน



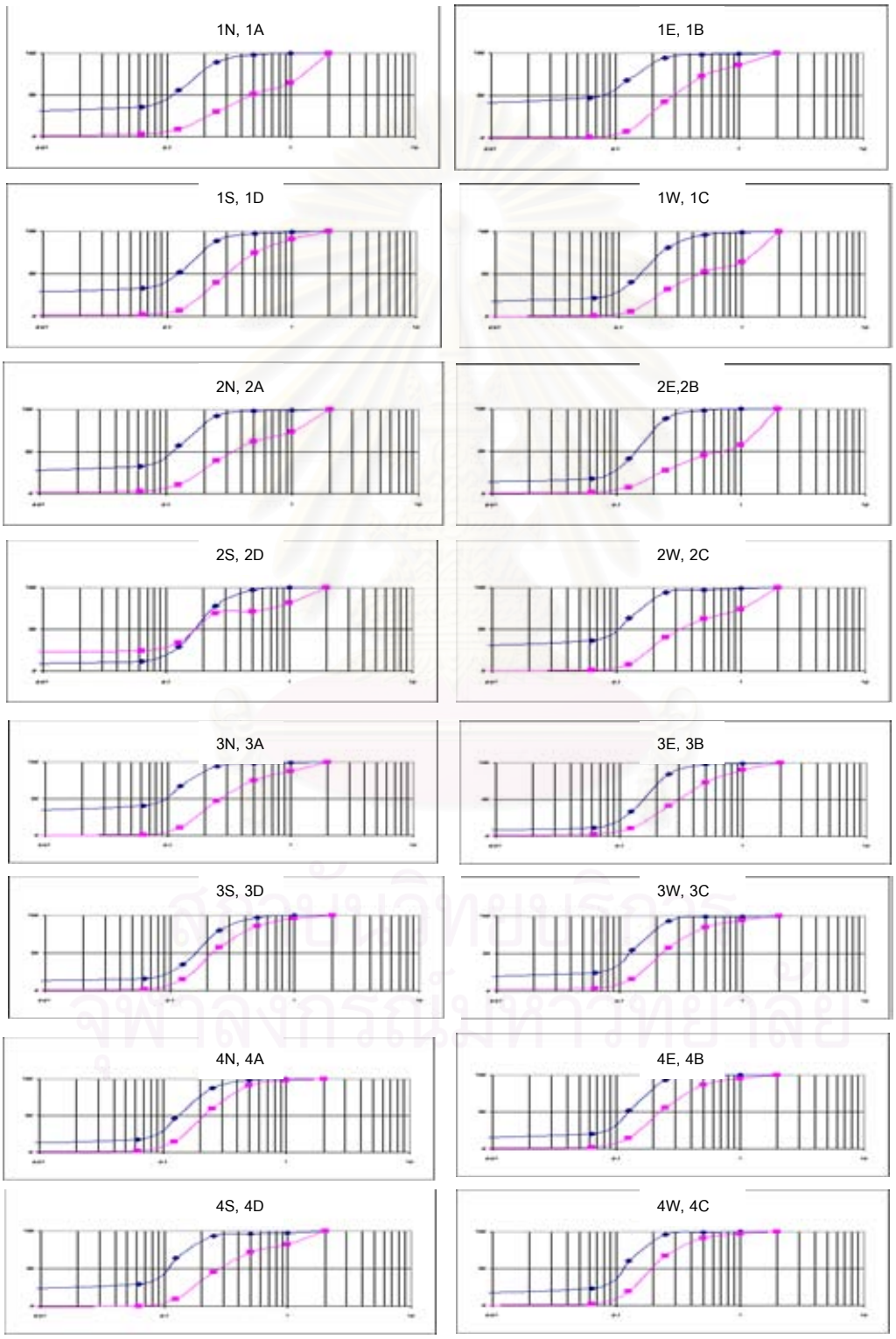
รูปที่ ง.2 เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนมิถุนายน



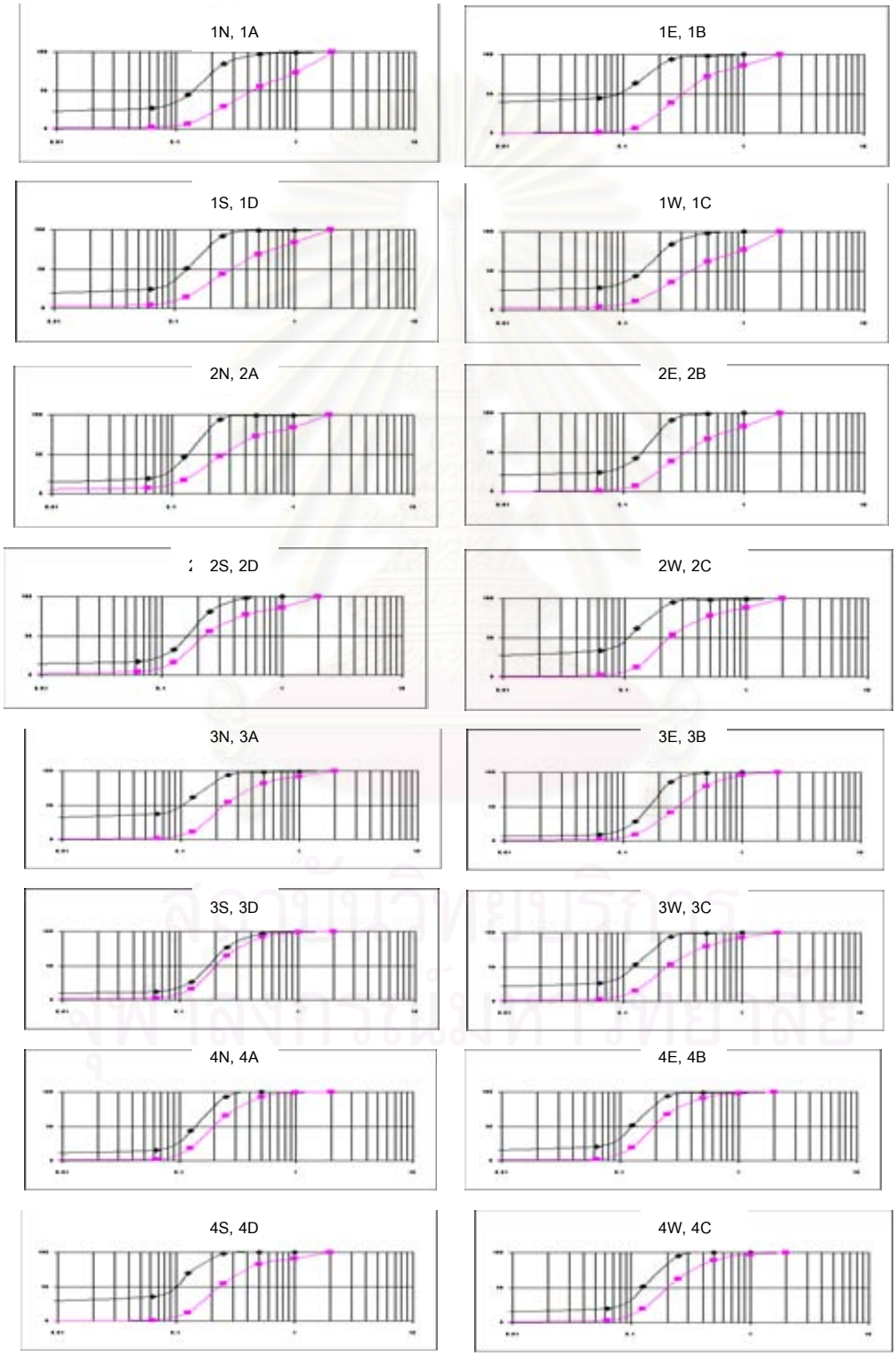
รูปที่ ง.3 เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนกรกฎาคม



รูปที่ ง.4 เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนสิงหาคม

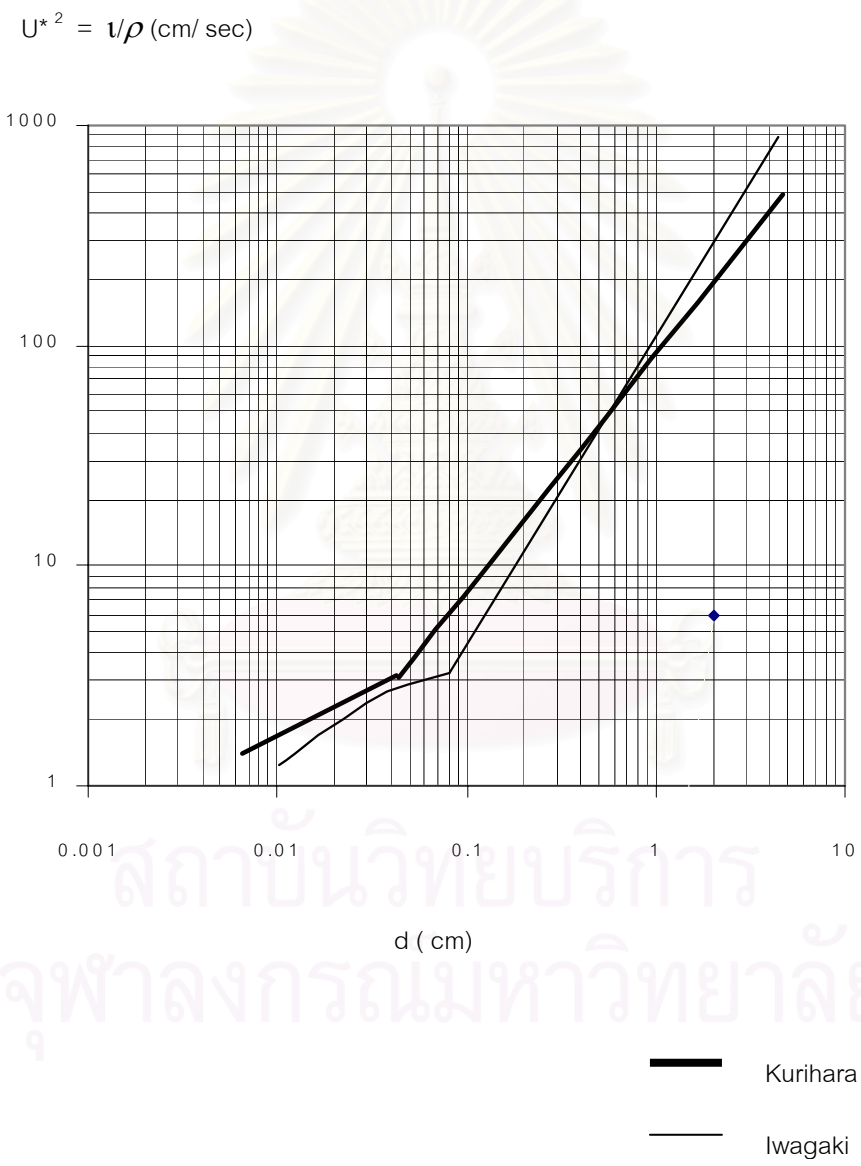


รูปที่ ง.5 เส้นโค้งการกระจายขนาดตะกอน ระหว่างที่พื้นกับในกระบอกดักตะกอนรอบปะการังเทียม ในเดือนกันยายน



ภาคผนวก จ

รูปที่ จ.1 เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอนทรายขนาดต่างๆ กับค่ากำลังสองของความเร็วกระแสน้ำที่ทำให้เกิดความเค้นต่อตะกอนทราย ที่ทำให้ตะกอนทรายแต่ละขนาดเริ่มขยับและเคลื่อนที่ (Kurihara, 1964 และ Iwagaki,1956)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ตารางที่ ฉ.1 แผนการทดลองภาคสนาม

วัน/ เดือน/ ปี	เวลา	ขุดตะกอน 15 ตำแหน่ง	ตรวจความเร็วกระแสน้ำ	วัดการพอกที่ฐานฯ	ขุดตะกอนที่ฐานฯ	เปลี่ยนกระบอกดักตะกอน	วัดการจมตัว	ถ่ายรูปการจมตัว	หมายเหตุ
24 มี.ค 45	9.00-16.00 น.								- ลากปะการังเทียม และวางชุดอุปกรณ์ดักตะกอน
4-5 เม.ย 45	18.00-18.00 น.	✓	✓						- น้ำใส(ทัศนวิสัยประมาณ 3 เมตร)
12 เม.ย 45	10.00-11.00 น.			✓			✓		- กระแสน้ำแรง, คลื่นแรง, ลมแรง และน้ำใสกว่า 5 เม.ย
26 เม.ย 45	9.00 น.			✓	✓	✓	✓	✓	- ฟ้าใสมาก, คลื่นไม่แรง
21-22 พ.ค 45	10.00-10.00 น.		✓						- คลื่นลมแรงมาก
1 มิ.ย 45	9.00 น.			✓			✓		- ตะกอนแขวนลอยมีขนาดใหญ่, คลื่นลมแรง และมีเมฆฝน
16 มิ.ย 45	9.00 น.			✓	✓	✓	✓	✓	
21-22 มิ.ย 45	18.00-18.00 น.		✓						
15 ก.ค 45	9.00 น.			✓	✓	✓	✓	✓	- ตะกอนแขวนลอยมีขนาดใหญ่, น้ำขุ่น(ทัศนวิสัยประมาณ 0.5 เมตร) และเริ่มครอบข่ายที่ปากกระบอก
25 ส.ค 45	9.00 น.			✓	✓	✓	✓	✓	- มีคลื่นใต้น้ำ, กระแสน้ำเบา, ตะกอนแขวนลอยมีขนาดเล็ก
8-9 ก.ย 45	17.00-17.00 น.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	- กระแสน้ำไม่แรง, ใต้น้ำมืด และมีตะกอนแขวนลอยน้อย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 9 เมษายน 2516 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เมื่อ ปี พ.ศ. 2539 และได้ศึกษาต่อที่สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2542 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งนักวิชาการประมง 4 ที่ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล กรมประมง จังหวัดระยอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย