3 การหาปริมาณตะกอนทางอุทกวิทยาในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ

เนื่องจากปริมาณตะกอนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของพื้นที่รองรับน้ำฝน (catchment area) การความสัมพันธ์โดยวิธี Regional analysis ของลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา โดยใช้ข้อมูลปี 1978-1985 แสดงได้ดังนี้

$$Qs = 283.1596A^{0.662459}$$

เมื่อ A = catchment area (km^2)

Qs = mean annual suspended sediment (ton/yr)

จากความสัมพันธ์ข้างต้นให้ค่า Qs ที่ X44 เท่ากับ 54.589 ton/yr

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับอัตราการไหล

การศึกษาปริมาณตะกอนในทางอุทกวิทยา กระทำโดยวิธีการทางสถิติ วิธีที่ใช้กันแพร่หลายคือการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกอนกับอัตราการไหล (Sediment-rating curve) ในรูปของ

log-log ทำให้สามารถพยากรณ์แนวโน้มของปริมาณตะกอน กับอัตราการไหลได้ โดยมีความสัมพันธ์ในรูป

$$Qs = a.Q^{b}$$

เมื่อ Qs ความเข้มข้นของตะกอน

Q อัตราการไหล

a, b ค่าคงที่ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis)

จากการศึกษา Feasibility study Khlong Sadao Dam Project (1989) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Qs\ (tons/mo) = 115.3659\ Qw^{1.16423}$$

เมื่อ Qw = mean monthly discharge (m^3/s)

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยรายเดือนเฉลี่ยในคลองอู่ตะเภาและในทะเลสาบสงขลา ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ปริมาณตะกอนผันแปรไปตามอัตราการไหล โดยมีค่าสูงสุดในฤดูฝน สำหรับที่สถานี X90 (บ้านบางศาลา) ปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 53075.5 ตัน

4 ข้อมูลการวัดตะกอนในสนาม

4.1 ข้อมูลตะกอนสนามในฤดูแล้ง (มีนาคม-กันยายน 2538)

ในการวิจัยนี้ได้ทำการวัดปริมาณตะกอนแขวนลอยและ bed load และอัตราการไหล 3 จุดด้วยกัน คือที่บ้านคลองแงะ บ้านท่าศาลา และ อ. หาดใหญ่ โดยเก็บข้อมูลเป็นรายเดือนเนื่องจากในฤดูแล้ง อัตราการไหลในลำน้ำคลองอู่ตะเภามีค่าค่อนข้างคงที่ประมาณ 7 ลบ.ม/วินาที (รูปที่ 12 และ 13) จากการศึกษาไม่พบตะกอน bed load อย่างมีนัยสำคัญ

4.2 การกระจายขนาดอนุภาคดินท้องแม่น้ำ

เพื่อศึกษาการกระจายตัวของการตกตะกอนตลอดลำน้ำคลองอู่ตะเภา ตะกอนดินท้องคลองอู่ตะเภาได้รับการสำรวจและวิเคราะห์ (รูปที่ 14 และภาคผนวก A2) ข้อมูลในส่วนนี้ยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษามาก่อน และจะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลอง

5.1 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 3 มิติของอุทกศาสตร์และการเคลื่อนที่ของตะกอน (3D Mathematical Model of Hydrodynamics and Sediment Transport)

จากการศึกษาของ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ พบว่า น้ำขึ้นน้ำลง (tide) ที่เกาะหนูมีองค์ประกอบ tidal constitutents ที่สำคัญคือ K1 และ M2 โดยมีช่วงการขึ้นและลงของน้ำประมาณ 0.7 เมตร ในช่วงน้ำตาย (neap tide) และประมาณ 1.1 เมตรช่วงน้ำเกิด (spring tide) จากการวัดน้ำขึ้นน้ำลงที่บ้านเกาะนก (กม. 2 จากปากแม่น้ำ) ในภาคสนามในช่วงฤดูแล้งเดือน มีนาคม-เมษายน 2538 พบว่าระดับน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าประมาณ 30 เซนติเมตร และความเค็มมีค่าระหว่าง 20-15 ppt และจืดที่บ้านนารังนก (กม. 10) มีการรุกของน้ำเค็มเพียงเล็กน้อยในฤดูฝนที่บริเวณปากแม่น้ำ (กม. 0) (รูปที่ 15)

การศึกษาการเคลื่อนที่และตกตะกอนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้กระทำกันมาอย่างต่อเนื่อง นักวิจัยที่ใช้แบบจำลองแบบ 1 มิติ ได้แก่ Lepage and Ingram (1986), Pritchard (1965) etc. อย่างไรก็ตามความซับซ้อนของภูมิประเทศของ estuary กล่าวคือรูปทรงไม่เป็นเรขาคณิตและความลึกของร่องน้ำที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้การไหลในธรรมชาติมีความซับซ้อนมาก ไม่อาจอธิบายได้ด้วยสมมติฐานอย่างง่ายข้างต้น และเนื่องจากการสร้างแบบจำลองในห้องปฏิบัติการมีราคาแพง การศึกษาด้วย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติ (2D mathematical model) จึงเป็นที่นิยมโดยทั่วไป วิศวกรที่ใช้แบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลและการตกตะกอนแบบ 2 มิติ ได้แก่ Harleman and Ippen (1967), Perrels, et al. (1981), Spaulding (1984), etc. แบบจำลอง 2 มิติมีสมมติฐานว่า การไหลเป็น 2 ประเภทคือ Vertically Averaged Model และ Laterally Averaged Model ปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพสูง ทำให้การศึกษาด้านนี้ได้รับการพัฒนาจนให้ผลการคำนวนแม่นยำและรวดเร็ว การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 3 มิติ จึงได้รับความนิยมอย่างมาก ผู้ที่เชี่ยวชาญในด้านนี้และได้พัฒนาโปรแกรมประเภทนี้จนเป็นที่ยอมรับและใช้กัน แพร่หลายในสหรัฐอเมริกาได้แก่ Swanson (1986), Sheng, et al. (1989)

รายละเอียดของสมการของของไหลและการเคลื่อนที่ของสาร (Navier-Stokes Equation and mass transport) ดังแสดงในภาคผนวก A3 และรายละเอียดการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 3 มิติ แสดงไว้ในภาคผนวก A1

5.2 การรวบรวมข้อมูลสนามเพื่อการพยากรณ์การแพร่และการตกตะกอนในคลองอู่ตะเภาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

ในการศึกษาการแพร่และการตกตะกอนในคลองอู่ตะเภาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จำเป็นต้องทำการวัดข้อมูลชลศาสตร์และอุทกวิทยาต่าง ๆตลอดความยาวลำน้ำในส่วนที่เป็น inter-tidal zone ดังรายละเอียดต่อไปนี้

River Boundary: สถานีอุทกวิทยาที่บ้านบางศาลา ถูกกำหนดให้เป็นขอบเขตของแบบจำลองฯ ข้อมูลทำการวัด ณ สถานีนี้ คือ ระดับน้ำราย 3 ชั่วโมง ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย (SS) และตะกอนท้องแม่น้ำ (Bed load) วัดต่อเนื่องกัน 5 วัน ระหว่างวันที่ 19-25 สิงหาคม 2538 ข้อมูลดังกล่าว แสดงในรูปที่ 16

Open Boundary: สถานีบ้านเกาะนก (2 กิโลเมตรจากปากแม่น้ำ) ถูกกำหนดให้เป็นตัวแทนของของขอบเขตปากแม่น้ำในแบบจำลอง ข้อมูลที่วัด คือ ระดับน้ำรายชั่วโมง ตะกอนแขวนลอยวัดต่อเนื่องกัน 5 วัน ดังแสดงในรูปที่ 18 ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่บ้านเกาะนก (กม. 2 จากปากแม่น้ำ) ใช้เป็นตัวแทนระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำ ในแบบจำลองมีองค์ประกอบ tidal constitutents ที่สำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 11

ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง ความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำ ได้ถูกวัดไว้ ณ บ้านเกาะนก (กม.+2) นอกจากนี้ยังวัดความเค็มระหว่างหาดใหญ่-ทะเลสาบ แสดงในรูปที่ 17

ตารางที่ 11 Predominant tidal constitutents ที่บ้านเกาะนก (กม. +2 จากปากแม่น้ำ)

	M2	K1	O1	P1
H. cm	6.3	3.3	1.8	0.63
G. degree	295.8	93.6	49.7	288.3

H=amplitude, G=phase

Initial Codition: ข้อมูลตะกอนและความเร็วของกระแสน้ำ ตลอดลำน้ำวัดเมื่อ 19 สิงหาคม 2538 ถูกใช้เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นในแบบจำลอง ตำแหน่งที่ใช้เป็นตัวแทนของสภาพทางชลศาสตร์ ของเงื่อนไข เริ่มต้นนี้ คือ ปากแม่น้ำ บ้านคูเต่า บ้านนารังนก บ้านหารหาดใหญ่ สภาพของเงื่อนไขเริ่มต้นแสดงในรูปที่ 19

Model Calibration: เมื่อเงื่อนไขต่าง ๆ ถูกกำหนดให้แก่แบบจำลองฯ แล้ว แบบจำลองจะเริ่มทำนายสภาพทางชลศาสตร์ และการแพร่และตกตะกอนตาม Model input ที่กำหนด เพื่อให้ผลการทำนายใกล้เคียงกับข้อมูลสนาม จำเป็นต้องปรับค่า parameters ต่าง ๆ ในแบบจำลอง ข้อมูลที่ใช้ในการ Calebration แบบจำลองเป็นข้อมูลจากการวัดภาคสนามในวันที่ 25 สิงหาคม 2538 ดังแสดงในรูปที่ 20

5.3 การประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับคลองอู่ตะเภา

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 3 มิติของสมุทรศาสตร์ และการเคลื่อนที่ของตะกอน (3-D Vertically ydrodynamic and Sediment transport model) ถูกประยุกต์ใช้กับคลองอู่ตะเภาครอบคลุมความยาวลำน้ำ ตั้งแต่ปากแม่น้ำ- บ้านพรุ (tidal zone) เป็นระยะทางประมาณ 22 กิโลเมตร (รูปที่ 21) ลำน้ำจะถูกแบ่งเป็นส่วนย่อยๆเพื่อการคำนวน (grid) จำนวน 30x3 กริด (รูปที่ 22) ค่าความลึกวัดจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (รูปที่ 8) จะถูกกำหนดไว้ที่กึ่งกลางของแต่ละcell

การคำนวณหาพฤติกรรมทางชลศาสตร์ด้วยแบบจำลองฯ มีขบวนการดังนี้

1. Open boundary ข้อมูลระดับ น้ำขึ้น-น้ำลงวัดที่บ้านเกาะนกใช้เป็นตัวแทนระดับน้ำในทะเลสาบถูกป้อน เข้าสู่แบบจำลอง

2. River boundary อัตราการไหลและความเข้มข้นของตะกอนที่สถานีบ้านบางศาลาใช้แทน อัตราการไหลและความเข้มข้นของตะกอนของบ้านพรุ

3. Initial Condition คือค่าเริ่มต้นของพฤติกรรมต่าง ๆ ในคลองอู่ตะเภาที่จะใช้เป็นค่า เริ่มต้นในการคำนวน ได้แก่ ความเร็ว ระดับน้ำ และปริมาณตะกอน ตลอดลำน้ำที่เวลาเดียวกัน ข้อมูลนี้นับว่ายากที่จะทำให้ถูกต้องในทางปฏิบัติ อย่างไรก็ตามเนื่องจากพฤติกรรมต่าง ๆ ในระบบแม่น้ำดำเนินไปอย่างช้า ๆ (3-6 ชั่วโมง) ทำให้ใช้ค่าโดยประมาณที่เวลาต่างกันได้

4. Calibration ก่อนที่ผลการจำลองจะได้รับการยอมรับ จำเป็นต้องทำการปรับค่า parameters ในแบบจำลอง ซึ่งกระทำโดยการเปรียบเทียบผลกับข้อมูลสนาม ได้แก่ ความเข้มข้นของตะกอนและอัตราการไหลที่ อ.หาดใหญ่ (กม.+17) ความเข้มข้นของตะกอนและความเร็วการไหลที่ บ้านหาร (กม.+13) และบ้านนารังนก (กม.+10)

5. Prediction เมื่อผลการจำลองเป็นที่ยอมรับได้ สามารถใช้แบบจำลองในการพยากรณ์พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของตะกอนที่สภาพการไหลต่างๆได้