บทที่ 4

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา

ในบทนี้จะเป็นการนำพื้นฐาน และทฤษฎีต่าง ๆ ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 มาประยุกต์ใช้เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยที่จะจำลองสภาพ (Simulate) ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ หรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อที่จะสามารถอธิบาย และเพิ่มความเข้าใจด้วยสมการทางคณิตศาสตร์และการจำลองปรากฏการณ์นั้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและโครงสร้างทั่วไปของแบบจำลองและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในโครงการศึกษาพฤติกรรมการตกตะกอนบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (Deguchi (1994)) ประกอบด้วย 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ (ESTUARY MODEL) กับแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ (LSB MODEL) ซึ่งแบบจำลองทั้งสองอยู่ในระหว่างการวิจัยพัฒนา แบบจำลองที่ศึกษาเป็นแบบจำลองที่พัฒนาครั้งหลังสุด ทางผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาแบบจำลองดังกล่าว และรวบรวมเป็นเอกสารไว้โดยมีขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลองทั้งสองสรุปได้ดังรูป 4-1 ส่วนรายละเอียดของแต่ละแบบจำลองดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

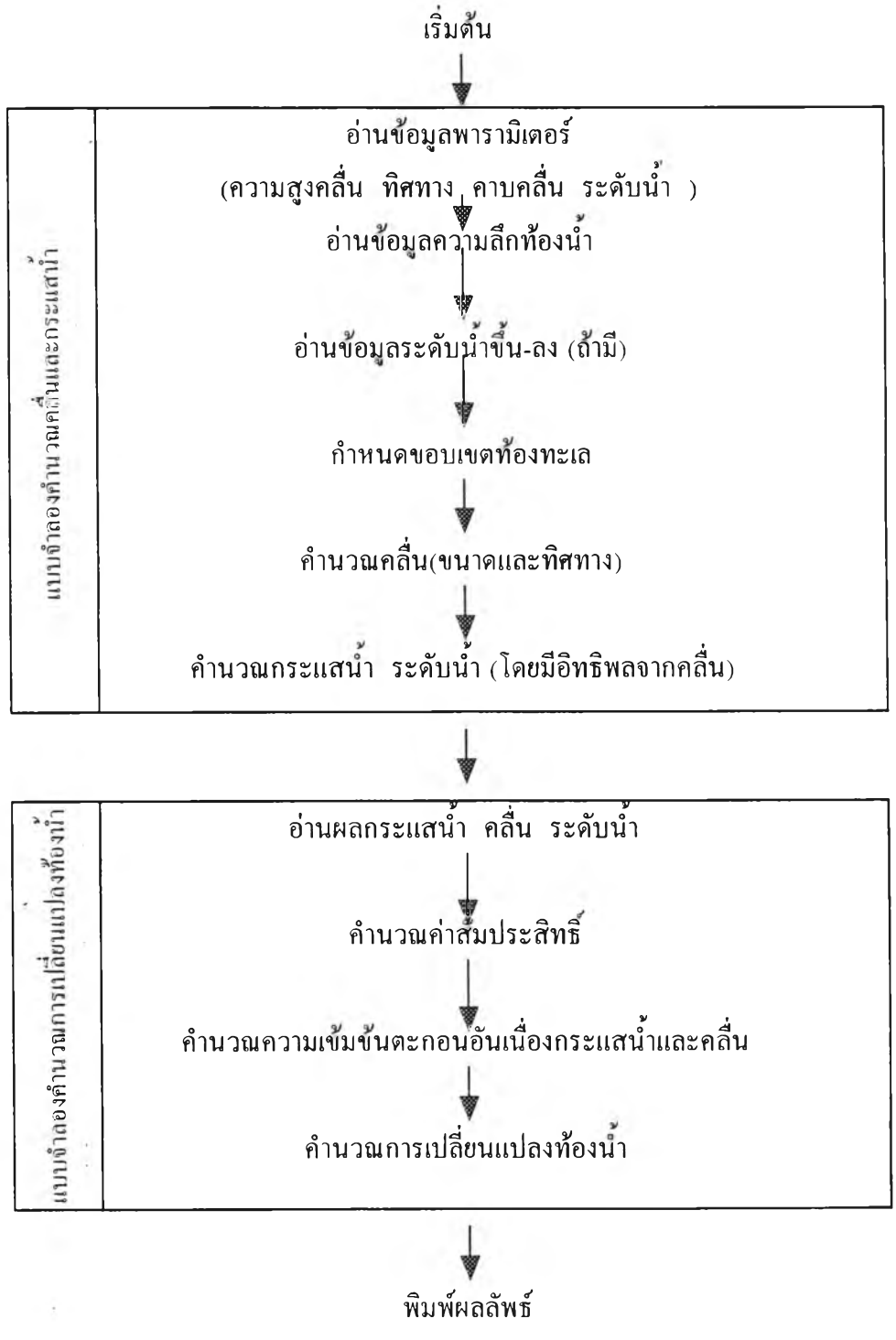
4.1 แบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ (ESTUARY MODEL)

ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาแบบจำลอง และสรุปรวบรวมเป็นเอกสารไว้มีดังนี้

4.1.1 หลักการและโครงสร้าง

สำหรับแบบจำลองการคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ ใช้คำนวณหาความสูงคลื่น ทิศทางของคลื่น , ความเร็วกระแสน้ำ และระดับน้ำในพื้นที่ศึกษา โดยต้องป้อนข้อมูล (input)เข้าในแบบจำลองด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- ระดับความลึกท้องน้ำเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง
- ระดับน้ำขึ้นน้ำลง ที่ตำแหน่งขอบเขตเปิดนอกชายฝั่ง และขอบเขตปากแม่น้ำ
- ค่าความสูง ทิศทาง และคาบเวลาของคลื่นน้ำลึก ที่ตำแหน่งขอบเขตด้านทะเล
- ระดับน้ำเริ่มต้นที่ตำแหน่งปากแม่น้ำ และขอบนอกชายฝั่งทะเล
- ความเร็วของกระแสน้ำเริ่มต้นที่ตำแหน่งปากแม่น้ำ



รูป 4-1 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

4.1.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในพื้นที่ศึกษา

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์การคำนวณคลื่นและกระแสน้ำนั้น จะต้องทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นโนด(node) และ กริด (grid) และทำการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น รวมทั้งค่าพาราพิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดสำหรับการศึกษานี้ดังต่อไปนี้ คือ

ก. การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นโนดและกริด

ในการคำนวณแก้สมการ Partial Differential ด้วยวิธี finite difference จะเริ่มต้นโดยการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่ย่อย ๆ ขนาดเล็กเรียกว่ากริด (grid) ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยโนต (node) ที่ขอบเขตของแต่ละกริด โดยกำหนดขนาดกริดเท่ากับ $\Delta X = \Delta Y = 20$ ซม. จำนวนโนดตามแนวแกน XและแกนY เท่ากับ 110 x 110 สำหรับพื้นที่ศึกษานี้แสดงลักษณะการแบ่งกริดเทียบได้ตามรูป 4-2

ข. เงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น

เงื่อนไขขอบเขตสำหรับพื้นที่ศึกษา กำหนดเงื่อนไขขอบเขตด้านทะเลเป็นค่าระดับน้ำตามแบบจำลองชลศาสตร์ ส่วนเงื่อนไขขอบเขตที่ขอบเขตแม่น้ำ จะใช้ค่าระดับน้ำวัดจริงจากการทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์ ณ บริเวณปากแม่น้ำของแบบจำลอง

เงื่อนไขเริ่มต้น คือการกำหนดค่าของตัวแปรที่ตำแหน่งของโนดต่าง ๆ ในขณะเริ่มต้นทำการคำนวณโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

- ค่าระดับน้ำ ซึ่งจะใช้ค่าระดับน้ำที่กำหนดไว้ในแบบจำลองชลศาสตร์
- ความเร็วกระแสน้ำ จะใช้ค่าที่คำนวณได้จากสูตรสมการการไหลต่อเนื่อง คือ

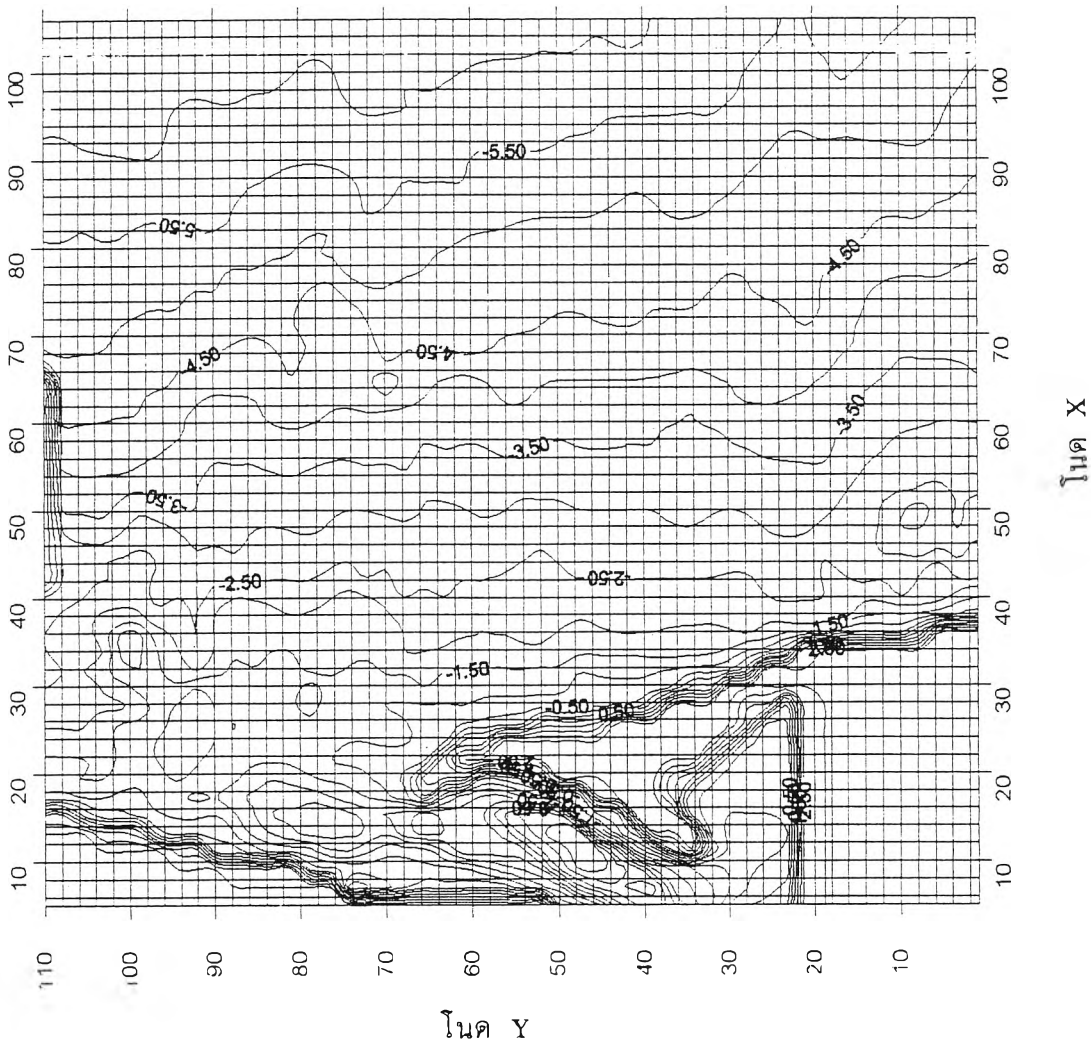
$$Q = AV \qquad (4\text{-}1)$$

เมื่อ Q = ปริมาณการไหลของแม่น้ำ ณ ตำแหน่งปากแม่น้ำ กำหนดตามเงื่อนไขของแบบจำลองชลศาสตร์

A = พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ คำนวณจากระดับน้ำที่กำหนดตามเงื่อนไข

V = ความเร็วกระแสน้ำเริ่มต้น ณ ตำแหน่งปากแม่น้ำ

โดยปกติแล้วปริมาณการไหลของแม่น้ำ ณ ตำแหน่งปากแม่น้ำของแบบจำลองที่ตำแหน่งโนดต่าง ๆ ในขณะเริ่มต้นทำการคำนวณนั้น ถ้ามีการตรวจวัดจะได้ค่าที่ดีที่สุดสำหรับเป็นเงื่อนไขเริ่มต้น แต่หากไม่สามารถทำการตรวจวัดได้ สามารถใช้วิธีกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นวิธี cold start กล่าวคือ กำหนดให้ค่าระดับน้ำและความเร็วกระแสน้ำที่ตำแหน่ง node ต่าง ๆ มีค่า



รูป 4-2 ตำแหน่งโนด (node) ของพื้นที่ศึกษา

เท่ากับศูนย์ แล้วจึงทำการคำนวณโดยใช้เงื่อนไขขอบเขตก่อนช่วงเวลาที่ต้องการผลการคำนวณจริง ๆ เป็นระยะเวลาหนึ่งเรียกว่า เป็นการทำ Free run จนกระทั่งได้ค่าระดับน้ำและความเร็วกระแสน้ำที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นของช่วงเวลาที่ต้องการผลการคำนวณ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่า Δt (time step) ของแบบจำลองที่เหมาะสมหาจากสูตรของ Courant - Friedrich - Lewcy คือ

$$\Delta t \leq \frac{0.5\,\Delta S}{\sqrt{2gH_{max}}} \text{ (วินาที)} \qquad (4\text{-}2)$$

โดย ΔS = ขนาด grid (เมตร)

H_{max} = ระดับความลึกท้องน้ำสูงสุด (เมตร.)

สำหรับพื้นที่ศึกษา ΔS = 0.20 เมตร H_{max} = 0.065 เมตร ดังนั้นเมื่อคำนวณจากดังกล่าวค่า $\Delta t \leq 0.0885$ วินาที จึงพิจารณาใช้ Δt = 0.01 วินาที

สำหรับ ค่าระดับน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำเริ่มต้นนั้น หากไม่สามารถทำการตรวจวัดได้ จะกำหนดค่าระดับน้ำที่ node ต่าง ๆ จากการคำนวณโดยวิธี Linear Interpolation ระหว่างระดับน้ำที่ขอบเขตปากแม่น้ำ และขอบเขตด้านทะเล ส่วนความเร็วกระแสน้ำเริ่มต้นที่ node ต่าง ๆ กำหนดให้เท่ากับศูนย์ แล้วทำการคำนวณจนกระทั่งได้ค่าระดับน้ำ และความเร็วกระแสน้ำที่เหมาะสมนั่นคือ ระดับน้ำ และความเร็วกระแสน้ำแตกต่างกันน้อยมากที่ step เวลา n และ n-1 (converge) โดยยึดหลักของ Deguchi (1984) ในการพิจารณาการ converge ดังนี้

$$\begin{aligned} \sum (\eta(n) - \eta(n\text{-}1)) &\leq 0.05 \text{ ซม.} \\ \sum (U(n) - U(n\text{-}1)) &\leq 0.05 \text{ ซม./วินาที} \\ \sum (V(n) - V(n\text{-}1)) &\leq 0.05 \text{ ซม./วินาที} \end{aligned} \qquad (4\text{-}3)$$

โดย $\sum$ คือ การรวมค่าตั้งแต่ค่าที่โนด ที่ 1 ถึงโนดสุดท้าย

η คือ ค่าระดับน้ำ (ซม)

U คือ ความเร็วกระแสน้ำในแนวแกน X (ซม/วินาที)

V คือ ความเร็วกระแสน้ำในแนวแกน Y (ซม/วินาที)

n คือ ขั้นตอนเวลาคำนวณที่ n

สำหรับเงื่อนไขเริ่มต้นของการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปเป็นกรณีต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 4-1 ถึง 4-4

ตาราง 4-1 เงื่อนไขเริ่มต้นกรณีคาบคลื่นเท่ากับ 0.90 วินาที

ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความสูงคลื่น (ซม.)	ความเร็วเริ่มต้นในแนวแกน X (ซม./วินาที)	ความเร็วเริ่มต้นในแนวแกน Y (ซม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ซม.)
0.00	2.70	0	0	4.00
0.005	2.70	2.40	2.40	4.00
0.01	2.70	4.80	4.80	4.00

ตาราง 4-2 เงื่อนไขเริ่มต้นกรณีคาบคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที

ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความสูงคลื่น (ซม.)	ความเร็วเริ่มต้นในแนวแกน X (ซม./วินาที)	ความเร็วเริ่มต้นในแนวแกน Y (ซม./วินาที)	ระดับน้ำเริ่มต้น (ซม.)
0.00	2.46	0	0	4.00
0.005	2.46	2.40	2.40	4.00
0.01	2.46	4.80	4.80	4.00

ตาราง 4-3 เงื่อนไขเริ่มต้นเมื่อกำหนดระดับน้ำเริ่มต้น +2.00 ซม. คาบคลื่นเท่ากับ 0.9 วินาที

ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความสูงคลื่น (ซม.)	ความเร็วเริ่มต้นในแนวแกน X (ซม./วินาที)	ความเร็วเริ่มต้นในแนวแกน Y (ซม./วินาที)	ระดับน้ำปากแม่น้ำ (ซม.)
0.0	2.23	0	0	2.24
0.005	2.23	3.61	3.61	2.25
0.01	2.23	7.22	7.22	2.35

ตาราง 4-4 เงื่อนไขเริ่มต้นกรณีเมื่อกำหนดระดับน้ำเริ่มต้น +2.00 ซม.คาบคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที

ปริมาณการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ความสูงคลื่น (ซม.)	ความเร็วเริ่มต้นในแนวแกน X (ซม./วินาที)	ความเร็วเริ่มต้นในแนวแกน Y (ซม./วินาที)	ระดับน้ำปากแม่น้ำ (ซม.)
0.0	1.97	0	0	2.22
0.005	1.97	3.62	3.62	2.24
0.01	1.97	7.15	7.15	2.28

ค. พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ต้องกำหนดให้ในการคำนวณโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ นอกจากการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นโนดและกริด เงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขขอบเขตดังที่ได้กล่าวแล้ว จะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของพื้นที่ศึกษาด้วย ซึ่งพารามิเตอร์ที่สำคัญของแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำคือ

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นท้องน้ำ เนื่องจากขนาดคลื่นในการศึกษานี้มีขนาดมากกว่า 0.10 ซม. ขนาดคลื่นมีอิทธิพลมากกว่าความเสียดทานของพื้นท้องน้ำ ดังนั้นสัมประสิทธิ์ดังกล่าวจึงมีผลต่อแบบจำลองนี้น้อยมาก จากการศึกษา โชคพิพัฒน์ (2532) กำหนดเท่ากับ 0.02 ในการศึกษานี้จึงกำหนดเท่ากัน

ขนาดเม็ดตะกอนทรายเฉลี่ย (d_{50}) กำหนดเท่ากับแบบจำลองชลศาสตร์คือ 0.02 ซม.

ความของพื้นท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำเท่ากับ 0.004 (หรือ 1/250)

สำหรับรายละเอียดของพารามิเตอร์อื่น ๆแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก สำหรับตาราง 4-5 แสดงตัวอย่างการกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นและค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ

ง. ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลอง

ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองคลื่นและกระแสน้ำ แสดงรายละเอียดในรูป 4-3 มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. อ่านข้อมูลต่าง ๆ ประกอบด้วย

- พารามิเตอร์ของพื้นที่ศึกษา

- เงื่อนไขเริ่มต้น ได้แก่ ขนาดความสูง , ทิศทาง และคาบเวลาของคลื่น ค่าระดับน้ำและความเร็ว ณ ตำแหน่งปากแม่น้ำ

2. กำหนดขอบเขตการคำนวณ ในส่วนที่เป็นขอบเขตทะเล

3. อ่านข้อมูลความลึกของท้องน้ำที่โนดต่าง ๆ ตลอดพื้นที่ศึกษาซึ่งใช้ค่าความลึกตามแบบจำลองชลศาสตร์

4. กำหนดตำแหน่งที่ขอบเขตชายฝั่ง ซึ่งระหว่างการคำนวณอาจปรับเปลี่ยนเป็นชายฝั่งหรือทะเลได้

5. กำหนดค่าเริ่มต้นของ ความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย ความสูงคลื่น ทิศทางของคลื่น หรืออ่านจากผลการคำนวณที่มีอยู่แล้ว ในกรณีใช้ข้อมูลต่อเนื่องกับแบบจำลองอื่น

6. คำนวณความลึกน้ำ โดยในแบบจำลองจะอยู่ใน Subroutine WTRFCE เพื่อคำนวณค่า $D = h + \overline{\eta}$ ในสมการ (3-1) ถึง สมการ (3-3)

7. กำหนดทิศทางของคลื่นและความสูงคลื่น ด้านทะเล(offshore)

8. คำนวณ Wave number ซึ่งจะอยู่ใน Subroutine CALCQM เพื่อคำนวณหาค่า k สำหรับใช้ในสมการ (3-21) หรือ (3-22)

9. คำนวณมุมหักเหของคลื่น (θ) ซึ่งจะอยู่ใน Subroutine CALSRP เพื่อคำนวณหาค่า θ สำหรับใช้ในสมการ (3-24)

10. คำนวณความสูงคลื่น ซึ่งอยู่ใน Subroutine WAVEHT เพื่อคำนวณหาความสูงคลื่น ในสมการ (3-31)

11. คำนวณความลึกน้ำ โดยใช้ Subroutine WTRFCE คำนวณค่า $D = h + \overline{\eta}$ ในสมการ (3-1) ถึง สมการ (3-3)

12. คำนวณ Radiation stress โดยใช้ Subroutine RADSTR คำนวณค่า S_{yy} และ S_{xy} ในสมการ (3-3)

13. คำนวณขอบเขตชายฝั่งทะเลใหม่ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลง โดยใช้ Subroutine MBNDRY เพื่อเปลี่ยนขอบเขต (boundaries) โดยกำหนดความลาดชันชายหาด ถ้าระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีการเปลี่ยนขอบเขตขึ้นลงได้ (ไม่ได้ใช้ในการศึกษาเรื่องนี้)

14. คำนวณ Slope of radiation stress โดยใช้ Subroutine SRDTNS เพื่อคำนวณเทอมที่ IV ของสมการ (3-3)

15. คำนวณสัมประสิทธิ์ที่ใช้ โดยใช้ Subroutine COFFEE และ COEFFI เพื่อคำนวณค่าคงที่ต่าง ๆ เพื่อใช้ในสมการ (3-3)

16. คำนวณความสัมพันธ์ของความลึกและความเร็วกระแสน้ำในแนวแกน X โดยคำนวณ U (ความ เร็วในแนวแกน X) และ E (ระดับน้ำในแนวแกน X) ด้วย Subroutine CALUEE โดยใช้ สมการ (3-1) และ (3-2)

17. คำนวณความเร็วของกระแสน้ำในแนวแกน Y ด้วย Subroutine CALVVV โดยใช้สมการ (3-3)

18. คำนวณความสัมพันธ์ของความลึกและความเร็วกระแสน้ำในแนวแกน Y โดยคำนวณ V (ความ เร็วในแนวแกน Y) และ E (ระดับน้ำในแนวแกน Y) โดยใช้ Subroutine CALVEE โดยใช้ สมการ (3-1) และ (3-3)

19. คำนวณความเร็วของกระแสน้ำในแนวแกน X โดยใช้ Subroutine CALUUU โดยใช้สมการ (3-2)

20. คำนวณซ้ำตั้งแต่ข้อ 15 ถึง ข้อ 19 ด้วยวิธี Explicit จนกระทั่งค่าระดับน้ำ และความเร็วจากการคำนวณคงที่

21. คำนวณซ้ำตั้งแต่ข้อ 14 ถึง ข้อ 19 จนกระทั่งค่าคำนวณคงที่ เนื่องจากค่า Radiation stress มีสภาพสมดุล (มีค่าความแตกต่างรวมน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์)

22. ตรวจสอบแนวพื้นที่ชายฝั่งว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หากมีการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มคำนวณข้อ 13 ใหม่

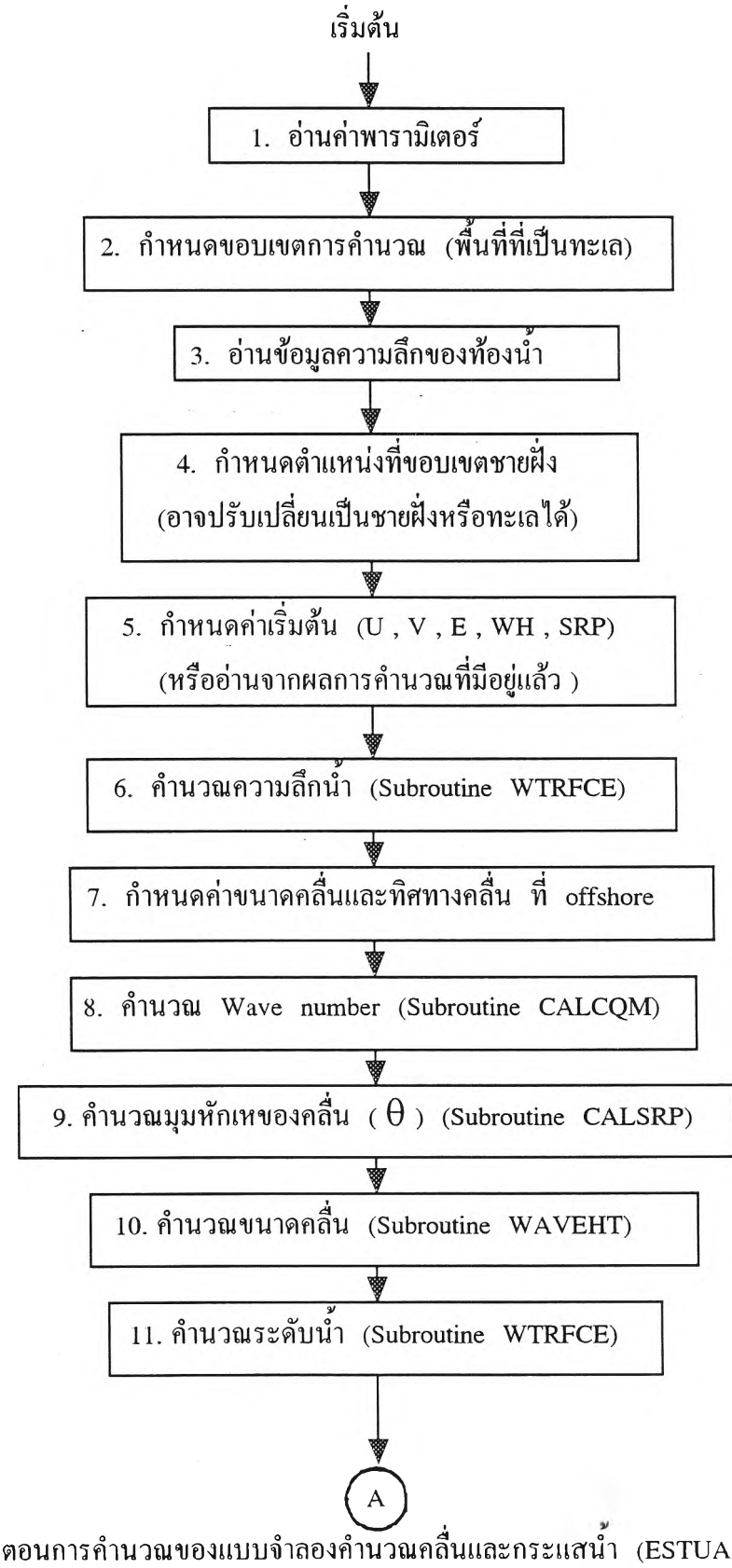
23. พิมพ์ผลคำนวณ ประกอบด้วย

- ค่าระดับน้ำ และความเร็วกระแสน้ำ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ
- ค่าความสูง และทิศทางของคลื่น ที่ตำแหน่งต่าง ๆ

ตาราง 4-5 ตัวอย่างพารามิเตอร์ที่ใช้กับแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ

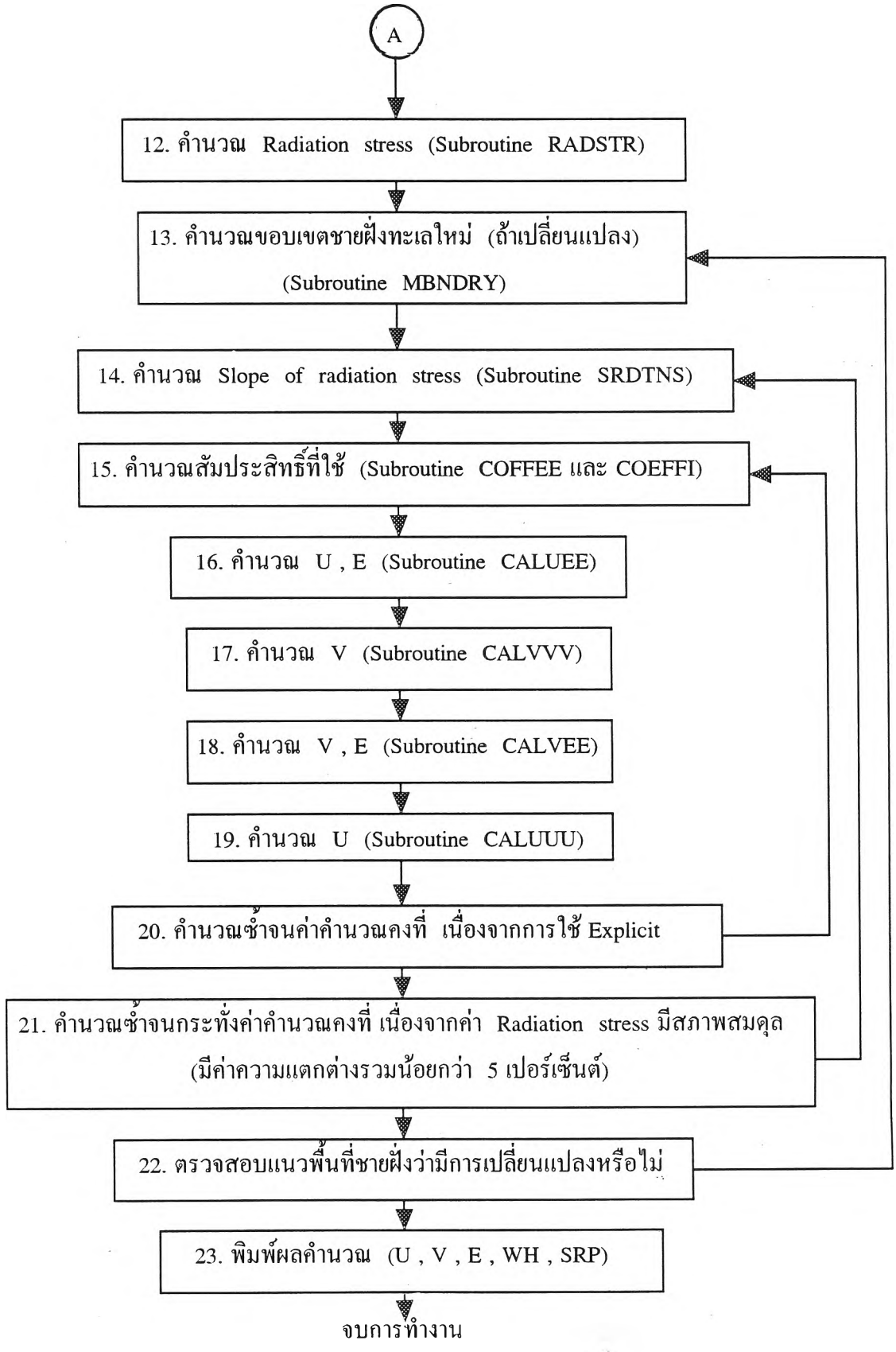
**** EXPERIMENTAL MODEL RIVER-MOUTH CURRENT DAT :::

DS	DS2	DT	TANB	AL	F	EPS	RO	G	PAI	RDS	
20	40	0.0001	0.004	0.01	.10	0.01	1	980	3.14	1	
M	N	KOUT	MAXOUT	KG	KW	JRL	JRR	IRS	NPRINT	MSS	MEE
102	110	1000	1	1	7	65	76	2	3000	2	101
NSS	NEE	IBLJ	IBJG	IBIND							
2	109	1	0	0							
BR	QR	EATA	ETOF	WAVE	T	UR0	VR0	WS	WDIR	FRIC	D50
3	500	2.21	2.21	2.3	0.9	97	7.1	0	180	.10	0.02



รูป 4-3 ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ (ESTUARY MODEL)

(Deguchi (1994))



รูป 4-3 ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ(ESTUARY MODEL) (Deguchi (1994)) (ต่อ)

4.2 แบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ (LSB MODEL)

ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาแบบจำลอง และสรุปรวบรวมเป็นเอกสารไว้มีดังนี้

4.2.1 หลักการและโครงสร้าง

สำหรับแบบจำลองการคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ (Deguchi, 1988) ใช้คำนวณหาค่าความเข้มข้นตะกอน และค่าการเปลี่ยนแปลงความลึกท้องน้ำ โดยอาศัยข้อมูล (input) คือ ระดับน้ำ , ความเร็วกระแสน้ำ , ค่าความสูงคลื่น , ทิศทางของคลื่น และค่าความลึกท้องน้ำตลอดพื้นที่ศึกษา ซึ่งได้จากผลการคำนวณของแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำในหัวข้อ 4.1 สำหรับผลการคำนวณจากแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำนี้ จะให้ค่าการเปลี่ยนแปลงความลึกท้องน้ำต่อหนึ่งชั่วโมง และค่าความเข้มข้นตะกอนในแต่ละโนด

4.2.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในพื้นที่ศึกษา

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ จะต้องทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นโนดและกริด และทำการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้นในแบบจำลอง เช่นเดียวกับแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. การแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นโนดและกริด

ในการศึกษาแบบจำลองการคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ พื้นที่ศึกษากำหนด โนด และกริด เช่นเดียวกับกรณีพื้นที่ศึกษาแบบจำลองคำนวณคลื่นกระแสน้ำ คือกำหนดขนาดกริดเท่ากันคือ $\Delta X = \Delta Y = 20$ ซม. จำนวนโนดตามแนวแกน XและแกนY เท่ากับ 110 x 110

ข. เงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น

การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น เนื่องจากการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำชายฝั่งบริเวณปากแม่น้ำด้วยแบบจำลองชลศาสตร์นั้น ที่ระดับน้ำ +2.00 ซม. ขนาดคลื่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำช้ามาก ในการศึกษาครั้งนั้นจึงใช้แบบจำลองชนิด distorted model เพื่อให้คลื่นภายในชายฝั่งมีขนาดใหญ่ขึ้น จะได้เพิ่มความรุนแรงในการพัดพาตะกอนให้เคลื่อนที่ได้ โดยยกระดับน้ำขึ้นจาก +2.00 ซม. เป็น +4.00 ซม.

ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์จึงกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นที่ระดับน้ำ +4.00 ซม. เช่นเดียวกับแบบจำลองชลศาสตร์ เพื่อใช้ผล

การวิเคราะห์มาเปรียบเทียบได้ ส่วนขนาดความสูงคลื่น คาบคลื่น ความเร็วกระแสน้ำเริ่มต้นก็จะเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกน้ำที่วัดไว้จากแบบจำลองชลศาสตร์ที่ระดับ +4.00 ซม

ค พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา

ในแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลง ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำ คือค่าความเร็วการตกตะกอน (Settling velocity : Wf) , ค่าคงที่การกระจาย (Diffusion constant : αc) และค่าความเข้มข้นตะกอน ซึ่งสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

การหาค่าความเร็วการตกตะกอน (Settling velocity : Wf) ในกรณีที่ท้องน้ำเป็นตะกอนจะหาโดยการวัดจริงในสนาม แต่เนื่องจากท้องน้ำของแบบจำลองเป็นทรายมีขนาดเม็ดเฉลี่ย (d_{50}) เท่ากับ 0.20 มิลลิเมตร ซึ่งในช่วง $100 < d < 1000$ μm สามารถหาค่า Wf จากสมการ (3-57) (จาก AIT (1994)) โดยกำหนด

$\nu = 1.007 \times 10^{-6}$ $m^2/s.$ (น้ำอุณหภูมิ 20 C^0)

$\Delta = 1.65$

$g = 9.81$ kg/m^2

$d = 0.0002$ m.

แทนค่าในสมการ $$W_f = \frac{10\nu}{d}\left[\left(1+\frac{0.01\Delta g d^3}{\nu^2}\right)^{0.50} - 1\right]$$

ดังนั้น $$W_f = \frac{10x1.007x10^{-6}}{2x10^{-4}}\left[\left(1+\frac{0.01x1.65x9.81x\left(2x10^{-4}\right)^3}{\left(1.007x10^{-6}\right)^2}\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right]$$

$W_f = 0.025626$ เมตร / วินาที.

หรือ $W_f = 2.56$ เซนติเมตร/วินาที

ในแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกค่าหนึ่ง ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำ คือค่าคงที่การกระจาย αc (diffusion constant) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของการทดลอง จากการศึกษาของ Sawaragi et al.(1985) และ Deguchi และ Sawaragi (1988) พบว่าค่า αc มีค่าเท่ากับ 0.15 จึงใช้ค่าดังกล่าวในการศึกษานี้

สำหรับค่าความเข้มข้นของตะกอน เนื่องจากการศึกษาด้วยแบบจำลองชลศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ.2532 นั้นการทดสอบไม่ได้เติมตะกอนลงในแบบจำลอง ทั้งบริเวณปากแม่น้ำและบริเวณ

นอกชายฝั่ง (offshore) ดังนั้นการศึกษาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์นี้จึงกำหนดค่าความเข้มข้นที่ปากแม่น้ำ และขอบนอกชายฝั่งเป็นศูนย์ ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่น ๆในการศึกษานี้กำหนดค่าได้ดังนี้

λ = ความพรุนของตะกอนทราย = 0.4

Ro = ความหนาแน่นของน้ำ = 1.0 กรัม/ลบ.ซม.

Ros = ความถ่วงจำเพาะของตะกอนทราย = 2.65

d_{50} = ค่าเฉลี่ยขนาดของเม็ดตะกอน = 0.02 cm.

สำหรับเงื่อนไขเริ่มต้นและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ ได้แสดงตัวอย่างพารามิเตอร์ที่ป้อนให้แบบจำลองไว้ดังตาราง 4-6 ส่วนความหมายของพารามิเตอร์ตัวอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึงอธิบายรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก.

ง. ขั้นตอนการคำนวณแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ

สำหรับขั้นตอนการคำนวณแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ แสดงรายละเอียดไว้ในรูป 4-4 โดยมีรายละเอียดของลำดับขั้นตอนดังนี้

1. อ่านข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ พารามิเตอร์ของพื้นที่ศึกษา เงื่อนไขเริ่มต้นได้จากผลการคำนวณของแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ คือความลึกท้องน้ำ ระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ ความสูง และทิศทางของคลื่น ณ. ตำแหน่งโนด ต่าง ๆ

2. กำหนดค่าระดับน้ำขึ้นลง (ถ้ามี) ซึ่งจะต้องเท่ากับแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ แต่ในการศึกษาค่าเรื่องนี้ไม่ได้พิจารณา กำหนดให้เท่ากับศูนย์

3. คำนวณความลึกน้ำ โดยใช้ Subroutine WTRFCE เพื่อคำนวณ $D = h + \overline{\eta}$

4. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ โดยใช้ Subroutine DIFCOF สำหรับ สมการ (3-60)

5. คำนวณหาการฟุ้งกระจายของตะกอน (Uri และ Donald (1966)) แบ่งเป็น

5.1 คำนวณหาการฟุ้งกระจายในแนวแกน X ซึ่งอยู่ใน Subroutine SEDIFX สำหรับสมการ (3-59)

5.2 คำนวณหาการฟุ้งกระจายในแนวแกน Y ซึ่งอยู่ใน Subroutine SEDIFY สำหรับสมการ (3-59)

6. คำนวณซ้ำจนได้ตามจำนวนชั่วโมง ซึ่งแบบจำลองนี้กำหนดไว้จำนวน 1 ชั่วโมง คือถ้าการคำนวณซ้ำน้อยกว่า 3,600/ΔT จะกลับไปคำนวณที่ขั้นตอน 5 จนการคำนวณซ้ำครบ 3,600/ΔT จะไปขั้นตอนที่ 7 ต่อไป

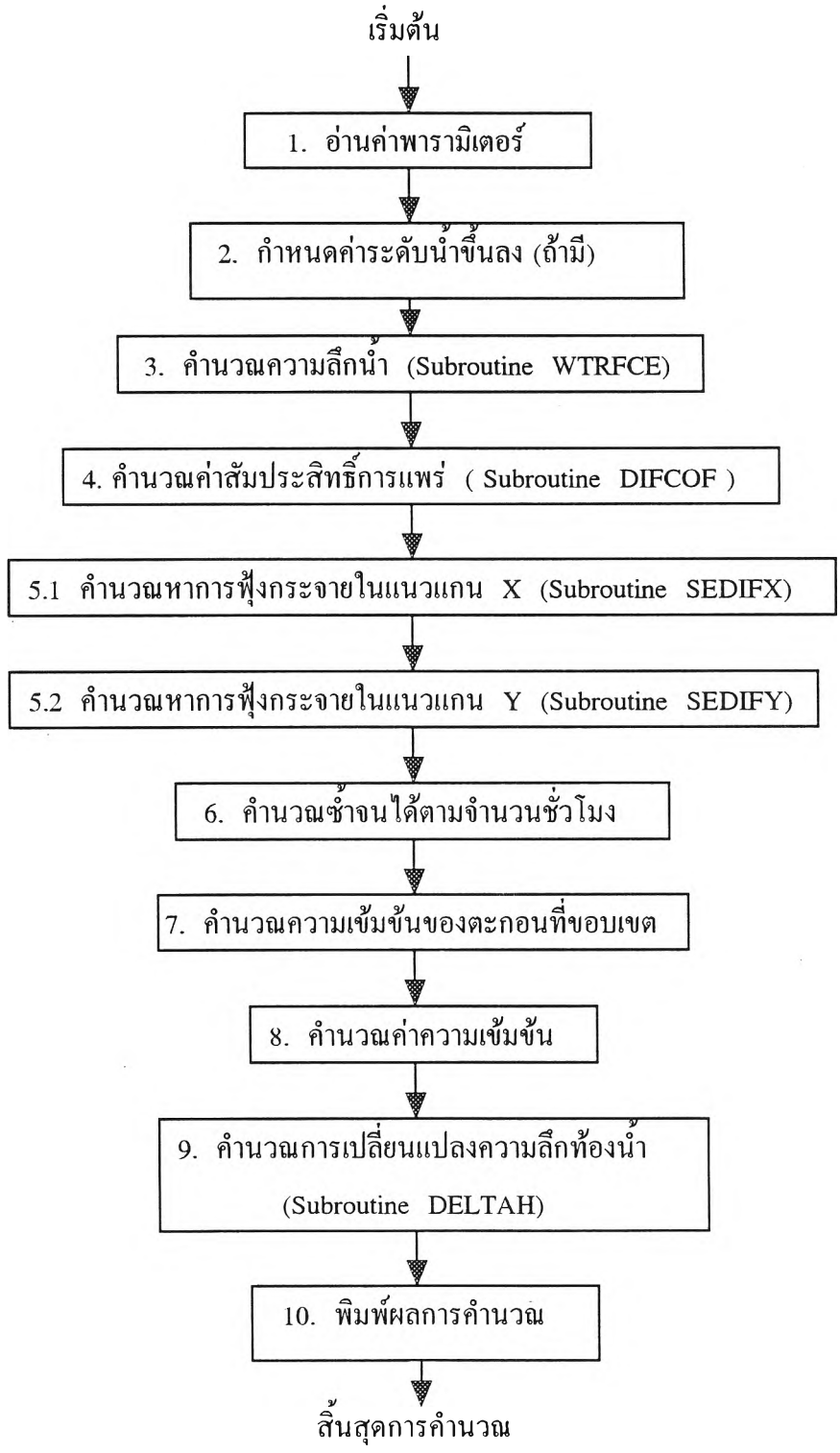
7. คำนวณค่าความเข้มข้นของตะกอนที่ขอบเขต

8. คำนวณค่าความเข้มข้นของตะกอน

9. คำนวณการเปลี่ยนแปลงความลึกท้องน้ำ ซึ่งอยู่ใน Subroutine DELTAH สำหรับสมการ (3-61)

10. พิมพ์ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของตะกอน และค่าการเปลี่ยนแปลงความลึกท้องน้ำที่ตำแหน่ง node ต่าง ๆ

จากรายละเอียดของขั้นตอนการคำนวณจะพบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำที่เกิดขึ้นตามโนดต่าง ๆ เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณในเวลา 1 ชม. เนื่องจากการทดสอบด้วยแบบจำลองชลศาสตร์ครั้งนั้น ในส่วนของการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ ได้ศึกษาไว้ในช่วงระยะเวลา 5 ชม. ดังนั้นในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์จะนำค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ซึ่งเป็นค่าต่อหนึ่งชั่วโมงมาคูณกับห้า จึงจะได้ค่าในช่วงเวลา 5 ชม. เช่นเดียวกัน



รูป 4-4 ขั้นตอนการคำนวณแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ

ตาราง 4-6 ตัวอย่างพารามิเตอร์ที่ใช้ป้อนในแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ

DS	DS2	EPS	RO	G	PAI				
20	40	0.01	1.02	980	3.14				
M	N	JIR	IRS	JJOUT	JMAXOUT	MSS	MEE	NSS	NEE
102	110	1	2	1000	3	2	101	2	109
WAVE	T								
2.3	0.9								
FB	D50	ROS	DGT	RAMDA	COR	COE	WF	DTH	ALPP
0.02	0.02	2.7	10	0.4	0	0	2.56	0.0001	0.1

4.3 การกำหนดขอบเขตเปิดและขอบเขตปิด (Open and closed boundaries)

ตามปกติแบบจำลองคณิตศาสตร์ จะกำหนดเงื่อนไขขอบเขตออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบขอบเขตเปิดและแบบขอบเขตปิด สำหรับขอบเขตปิด (Closed boundaries) หรือ ขอบเขตชายฝั่ง (Coastal boundaries) นั้นสามารถพิจารณาจากพื้นฐานของการสมมติได้ดังนี้

1) ความเร็วในแนวดิ่งที่กระทำต่อขอบเป็นศูนย์ซึ่งมีผลทำให้ massflux เป็นศูนย์
2) ความลึกในขอบเขตจะมีคุณสมบัติเหมือนกัน
3) ความลึกท้องคลื่น (The negative wave amplitude) จะไม่ใหญ่เกินจากความลึก
4) เงื่อนไข perfect slip หรือ $\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} = 0$ เป็นจริง

การพิจารณาแบ่งขอบเขตว่าเป็น แบบขอบเขตชายฝั่งซึ่งเรียกว่า ขอบเขตแข็ง และขอบเขตเปิดในทะเล สามารถพิจารณาเหมือนตามรูป 4-5 ในรูปนี้จะแสดง 4 กรณี ซึ่งสามารถใช้การคำนวณ implicit ระดับน้ำ และความเร็วตลอดแถว k ในรูป 4-5 กรณี A และ C จะเป็นขอบเขตแบบเปิด ส่วนกรณี B และ D จะเป็นขอบเขตแข็ง Kuipers และ Vreugdenhil (1973) ได้เสนอเงื่อนไขของขอบเขตปิดไว้ดังนี้

$\frac{\partial U}{\partial y} = 0$ ณ ขอบเขตที่ขนานกับแกน x

$\frac{\partial V}{\partial x} = 0$ ณ ขอบเขตที่ขนานกับแกน y

สำหรับแบบจำลองคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในกรณีศึกษานี้ ขบวนการ Linearization เริ่มจากการประมาณค่าความแตกต่างของ taking - off centered (หรือ backward) เพื่อเป็น temporal derivatives สามารถแสดงตารางกริดการคำนวณ space - staggered ได้ดังรูป 4-6 ซึ่งจะแสดงตัวอย่างการคำนวณสองระดับ โดยใช้สัญลักษณ์พื้นฐานคือ $F^{n}_{j,k}$

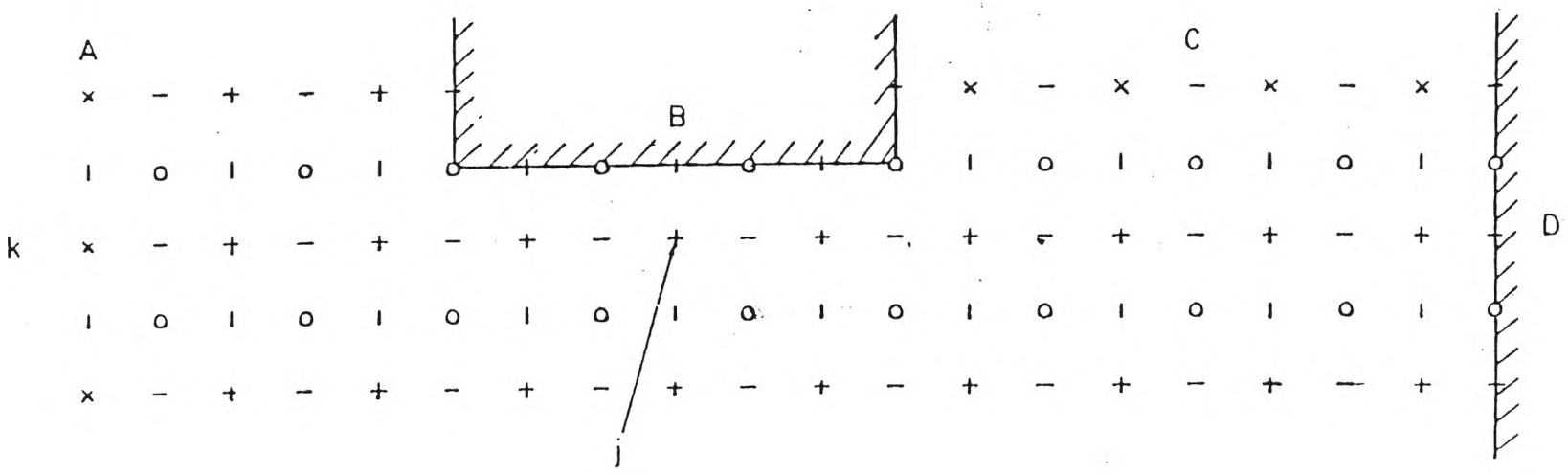
โดยที่

F = ตัวแปรทั่ว ๆ ไป (a dependent variable)

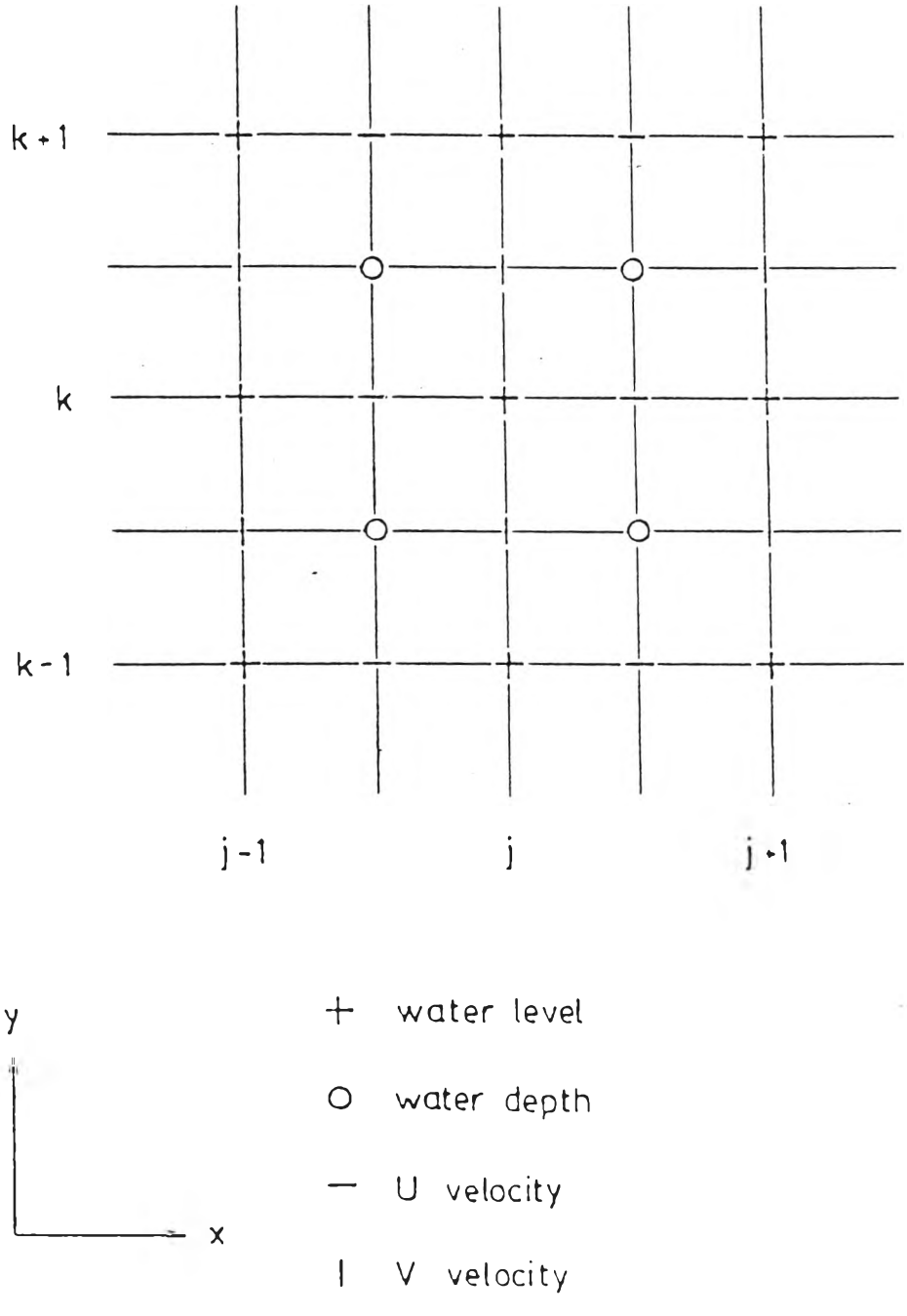
j = พิกัดทางด้านแกน x (เท่ากับ $j\Delta x$)

k = พิกัดทางด้านแกน y (เท่ากับ $k\Delta y$)

n = พิกัดทางด้านแกน t (เท่ากับ $n\Delta t$)



รูป 4-5 การกระจาย Space - Staggered สำหรับสูตรในสมการ Finite Difference (Santi (1988))



รูป 4-6 การคำนวณกริดในบริเวณขอบเขตปากแม่น้ำ (Santi (1988))