# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (3) |
| คำอธิบาย สัญลักษณ์ คำย่อ และอักษรย่อที่ใช้ | (7) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 2 |
| ขอบเขตการศึกษา | 2 |
| การตรวจเอกสาร | 4 |
| ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา | 4 |
| ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 9 |
| แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ | 23 |
| ทฤษฎีสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ | 27 |
| การศึกษาที่ผ่านมา | 28 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 32 |
| อุปกรณ์ | 32 |
| วิธีการศึกษา | 33 |
| ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา | 58 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 98 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 101 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ความแม่นยำของการวัดค่าความเค็มจากคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ | 9 |
| 2 | ค่าความเค็มเฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูแล้งของแม่น้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ. 2539 | 43 |
| 3 | ค่าความเค็มเฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูแล้งของแม่น้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ. 2540 | 43 |
| 4 | ค่าความเค็มเฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูแล้งของแม่น้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ. 2541 | 44 |
| 5 | ค่าความเค็มเฉลี่ยรายเดือนในช่วงฤดูแล้งของแม่น้ำเจ้าพระยาในปี พ.ศ. 2542 | 44 |
| 6 | พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ | 51 |
| 7 | เปรียบเทียบค่า Manning Roughness Coefficient กับค่า Chezy Coefficient ในแต่ละช่วงของแม่น้ำเจ้าพระยา | 52 |
| 8 | ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็มตามแนวยาว | 55 |
| 9 | ผลการคำนวณค่าระดับน้ำจากแบบจำลอง Aquasea | 65 |
| 10 | ผลการคำนวณค่าความเร็วที่สถานีพระประแดง (กม.18) | 70 |
| 11 | ผลการคำนวณค่าความเค็มแปรผันตามระยะทางเมื่อพิจารณาอัตราการย่อยสลายตัวและค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวขวาง | 78 |
| 12 | ผลการคำนวณค่าความเค็มเมื่อ Q = 60 ลบ.ม/วินาที $D_L$ = 2500 $m^2/s$ $D_T$ ต่าง ๆ | 83 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาและบริเวณพื้นที่ทำการศึกษา | 5 |
| 2 | ทิศทางของลมมรสุม พายุใต้ฝุ่น และตำแหน่งความกดอากาศ | 7 |
| 3 | ปริมาณน้ำเฉลี่ยรายเดือนที่ระบายจากเขื่อนเจ้าพระยาประจำปี พ.ศ 2542 ช่วงฤดูแล้ง | 8 |
| 4 | ลักษณะการแพร่ของน้ำเค็มในแม่น้ำ | 11 |
| 5 | ลักษณะการผสมบริเวณปากแม่น้ำ | 12 |
| 6 | แรงกระทำระหว่างทรงกลม $m_1$ และ $m_2$ | 16 |
| 7 | แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง | 17 |
| 8 | การโคจรของโลกและดวงจันทร์รอบแกนอ้างอิง | 18 |
| 9 | แรงที่ทำให้เกิดน้ำขึ้นลง | 18 |
| 10 | ผิวน้ำสมดุลย์ในระบบโลกและดวงจันทร์ | 19 |
| 11 | ระดับน้ำเมื่อมุมเบี่ยงเบนของดวงจันทร์ $\delta = 28^\circ 31'$ | 20 |
| 12 | ระดับน้ำเมื่อมุมเบี่ยงเบนของดวงจันทร์ $\delta = 0^\circ$ | 21 |
| 13 | การเกิดน้ำตาย (Neap tide) และน้ำเกิด (Spring tide) | 22 |
| 14 | เอลิเมนต์สามเหลี่ยม | 26 |
| 15 | ขั้นตอนการศึกษาแบบจำลองการไหลของกระแสน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา | 33 |
| 16 | ขั้นตอนการศึกษาแบบจำลองการแพร่ความเค็มเข้าสู่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา | 34 |
| 17 | การเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบฮาร์โมนิกกับค่าระดับน้ำรายชั่วโมงที่สถานีป้อมพระ จุลจอมเกล้า ประจำเดือนมีนาคม 2542 | 35 |
| 18 | ผลการคำนวณค่าองค์ประกอบฮาร์โมนิก | 36 |
| 19 | ระดับน้ำขึ้นลงที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า (กม.0) เดือนมีนาคม พ.ศ. 2542 | 37 |
| 20 | ระดับน้ำขึ้นลงที่สถานีวัดระดับน้ำสะพานพุทธ(กม. 49) เดือนมีนาคม พ.ศ. 2542 | 37 |
| 21 | ระดับน้ำขึ้นลงที่สถานีวัดระดับน้ำกรมชลประทานสามเสน (กม.55) เดือนมีนาคม พ.ศ. 2542 | 38 |
| 22 | ความเร็วของกระแสน้ำที่บริเวณพระประแดง (กม. 18) | 39 |
| 23 | ทิศทางการไหลของกระแสน้ำที่สถานีพระประแดง (กม.18) | 39 |

## สารบัญภาพ(ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 24 | ปริมาณน้ำเฉลี่ยที่ระบายจากเขื่อนเจ้าพระยาประจำเดือนมีนาคม 2542 | 40 |
| 25 | แสดงค่าความเค็มเฉลี่ยในเดือนมีนาคมตั้งแต่ปี 2539 - 2542 | 41 |
| 26 | ที่ตั้งสถานีตรวจวัดความเค็มในแม่น้ำเจ้าพระยา | 42 |
| 27 | การจำลองแม่น้ำเจ้าพระยาในลักษณะตรง | 46 |
| 28 | ค่าระดับน้ำรายชั่วโมงเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำรายชั่วโมงในภาคสนาม | 47 |
| 29 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับระยะทางเปรียบเทียบกับค่าความเค็มภาคสนาม ประจำเดือน มีนาคม 2542 | 48 |
| 30 | Node และ Element | 49 |
| 31 | ระดับความลึกในแม่น้ำเจ้าพระยา | 53 |
| 32 | ค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy Coefficient | 54 |
| 33 | การป้อนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆสำหรับแบบจำลองการไหล | 56 |
| 34 | การป้อนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆสำหรับการจำลองการเคลื่อนที่ | 56 |
| 35 | การเลือกดูผลการคำนวณที่สถานีสนใจ | 57 |
| 36 | ตัวอย่างการแสดงระดับการขึ้นลงของกระแสน้ำที่ชั่วโมงที่สนใจ | 57 |
| 37 | กราฟแสดงระดับน้ำขึ้นลงที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า (กม.0) | 59 |
| 38 | กราฟแสดงระดับน้ำขึ้นลงที่สถานีสะพานพุทธ (กม.49) | 60 |
| 39 | กราฟแสดงระดับน้ำขึ้นลงที่สถานีกรมชลประทานสามเสน (กม.59) | 61 |
| 40 | แสดงระดับการขึ้นลงของกระแสน้ำ | 62 |
| 41 | กราฟแสดงค่าความเร็วของกระแสน้ำที่สถานีพระประแดง | 64 |
| 42 | แสดงทิศทางของกระแสน้ำขณะน้ำขึ้น-ลง | 68 |
| 43 | การเปลี่ยนแปลงอัตราการระบายน้ำกับค่าความเค็ม เมื่อ $D_L = D_T =$ 2500 ตร.ม/วินาที อัตราการย่อยสลาย = 0.5 ต่อวัน | 72 |
| 44 | กราฟแสดงค่าความเค็มกับเวลาของสถานีสอบเทียบ | 73 |
| 45 | กราฟแสดงค่าความเค็มเทียบกับระยะทางตามสมการของ Fischer (1979) $D_L$ เท่ากับ 4200 ตร.ม/วินาที เมื่ออัตราการสลายตัวเท่ากับ 0 , 0.5 , 1 ต่อวัน | 74 |
| 46 | กราฟแสดงค่าความเค็มเทียบกับระยะทางตามสมการของ Liu (1977) $D_L$ เท่ากับ 950 ตร.ม/วินาที เมื่ออัตราการสลายตัวเท่ากับ 0 , 0.5 , 1 ต่อวัน | 75 |

## สารบัญภาพ(ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 47 | กราฟแสดงค่าความเค็มเทียบกับระยะทางตามสมการของ Iwasa And Aya (1991) $D_L$ เท่ากับ 2500 ตร.ม/วินาที เมื่ออัตราการสลายตัวเท่ากับ 0 , 0.5 , 1 ต่อวัน | 77 |
| 48 | กราฟแสดงค่าความเค็มและระยะทางเทียบกับค่าตรวจวัดภาคสนาม เมื่อ DL เท่ากับ 950 , 2500 , 4200 ตร.ม/วินาที และอัตราการสลายตัวเท่ากับ 0.5 ต่อวัน | 80 |
| 49 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับระยะทางเมื่อ Q = 60 ลบ.ม/วินาที , $D_L$ = 2,500 $m^2/s$ $D_T$ = 500 , 1,000 , 1,500 , 2,000 , 2,500 $m^2/s$ และอัตราการสลายตัวเท่ากับ 0.5 ต่อวัน | 81 |
| 50 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับระยะทางเมื่อ Q = 60 ลบ.ม/วินาที , $D_T = D_L$ = 2500 ตร.ม/วินาที และอัตราการสลายตัว 0.5 ต่อวัน | 82 |
| 51 | ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าออกที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา | 86 |
| 52 | กราฟเปรียบเทียบการขึ้นลงของระดับน้ำที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า (กม.0) | 87 |
| 53 | กราฟเปรียบเทียบการขึ้นลงของระดับน้ำที่สถานีสะพานพุทธ (กม.49) | 88 |
| 54 | กราฟเปรียบเทียบการขึ้นลงของกระแสน้ำที่สถานีกรมชลประทานสามเสน (กม.59) | 90 |
| 55 | กราฟเปรียบเทียบความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำที่สถานีพระประแดง (กม.18) | 89 |
| 56 | กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับระยะทางเทียบกับค่าตรวจวัดภาคสนาม เมื่ออัตราการระบายน้ำ(Q) = 60 ลบ.ม/วินาที อัตราการสลายตัว = 0.5 ต่อวัน | 92 |
| 57 | ค่าความเค็มเมื่ออัตราการระบายน้ำ(Q) = 60 ลบ.ม/วินาที อัตราการสลายตัว = 0.5 ต่อวัน | 93 |
| 58 | กราฟความเค็มที่ได้จากแบบจำลองกับอัตราการระบายน้ำที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาและค่าความเค็มที่ตรวจวัดภาคสนาม ช่วงวันที่ 8 – 12 มีนาคม 2542 | 94 |

## สารบัญภาพ(ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 59 | กราฟความเค็มที่อัตราการระบายน้ำที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาต่าง ๆ เทียบกับระยะทาง | 95 |
| 60 | แผนภูมิปรับแนว (Alignment Chart) | 96 |
| 61 | ภาพแสดงตัวอย่างการหาค่าความเค็มจากแผนภูมิปรับแนว | 97 |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|---|---|---|
| ม. | = | เมตร |
| ตร.ม. | = | ตารางเมตร |
| ม./วินาที | = | เมตรต่อวินาที |
| ลบ.ม./วินาที | = | ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที |
| ตร.ม./วินาที | | ตารางเมตรต่อวินาที |
| ร.ท.ก. | = | ระดับน้ำทะเลปานกลาง |
| n | = | สัมประสิทธิ์ความขรุขระตามสมการแมนนิ่ง |
| $a_o$ | = | ระยะขจัด |
| t | = | เวลา |
| N | = | จำนวนองค์ประกอบ |
| $a_i$ | = | แอมปลิจูด |
| $\delta_i$ | = | มุมเฟส |
| $T_i$ | = | คาบขององค์ประกอบ |
| $\Delta t$ | = | ขนาด grid |
| h | = | ความลึกวัดจากท้องทะเลถึงระดับน้ำทะเลปานกลาง,เมตร |
| $\eta$ | = | ระดับของผิวน้ำ วัดจากระดับน้ำปานกลาง, m |
| H | = | ความลึกท้องน้ำ, m |
| $u$ | = | ความเร็วในแกน x, m/s |
| v | = | ความเร็วในแกน y, m/s |
| t | = | เวลา,s |
| $Q$ | = | อัตราการไหลของน้ำ, $m^3/s$ |
| $h$ | = | ความลึกวัดจากท้องทะเลถึงระดับน้ำทะเลปานกลาง,m |
| กม. | = | กิโลเมตร |
| ppt. | = | กรัม/ลิตร |

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ(ต่อ)

| | | |
|---|---|---|
| H | = | ความลึกท้องน้ำ,m |
| u | = | ความเร็วในแกน x, m/s |
| v | = | ความเร็วในแกน y, m/s |
| $t$ | = | เวลา,s |
| g | = | อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, $m/s^2$ |
| $\omega$ | = | The Earth's rate of rotation, $s^{-1} = 7.2722X10^{-5}$ |
| $\varphi$ | = | Latitude, deg |
| C | = | Chezy bottom friction coefficient, $m^{1/2}/s$ |
| $\rho a$ | = | ความหนาแน่นอากาศ , $kg/m^3$ |
| $C_D$ | = | สัมประสิทธิ์การเคลื่อนไหวของลม |
| $\rho$ | = | ความหนาแน่นของน้ำ, $kg/m^3$ |
| $W_x$ | = | ความเร็วในแกน x, m/s |
| $W_y$ | = | ความเร็วในแกน y, m/s |
| f | = | Coriolis Parameter |
| k | = | Shear stress parameter |
| $\|W\|$ | = | ความเร็วลม, m/s |
| $u_0$ | = | ความเร็วของอัตราการไหลในแกน x, m/s |
| $v_0$ | = | ความเร็วของอัตราการไหลในแกน y, m/s |
| $\Delta s$ | = | ขนาด grid (เมตร) |
| $H_{max}$ | = | ระดับความลึกท้องน้ำสูงสุด (เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง, เมตร) |
| $D_L$ , $D_y$ | = | ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็มตามแนวยาว,$m^2/s$ |
| $D_X$ , $D_T$ | = | ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายความเค็มตามแนวขวาง,$m^2/s$ |
| S | = | ค่าความเค็ม ,ppt. |
| W | = | ความกว้างของลำน้ำ ,ม |

**คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ(ต่อ)**

| | | |
|---|---|---|
| $f$ | = | สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน |
| $A$ | = | พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ ,$ม^2$ |
| $K , C_0$ | = | อัตราการสลายตัว ,$s^{-1}$ |