



การศึกษาการพัดพาตะกอนในคลองมหาชัยและคลองหลวง จ.สมุทรสาคร
SEDIMENT TRANSPORT IN MAHACHAI CANAL and LUNG CANAL,
SAMUTSAKHON PROVINCE

วรวิทย์ มีสุข (Vorawit Meesuk)¹
สุรเจตต์ บุญญารูณเนตร (Surajate Boonya-aroonnet)²
สินีนาน สุริมงคล (Sineenart Srimongkol)³
ไอศวรรย์ ชันกาญจน์ (Aisawan Chankarn)⁴
รอยล จิตรดอน (Royol Chitradon)⁵

¹ผู้ช่วยนักวิจัย สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร vorawit@haii.or.th

²นักวิจัย สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร surajate@haii.or.th

³อาจารย์ประจำ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ssineenart@yahoo.com

⁴ผู้ช่วยนักวิจัย สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร aisawan@haii.or.th

⁵ผู้อำนวยการ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร royol@haii.or.th

บทคัดย่อ : พื้นที่บริเวณคลองมหาชัย และคลองหลวง จ.สมุทรสาคร ประสบปัญหาการกัดเซาะตามแนวตลิ่ง และการทับถมของตะกอนเป็นเวลานาน จากอิทธิพลของระดับน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง โดยการจำลองเหตุการณ์บริหารจัดการประตูระบายน้ำกรณีต่างๆ จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติด้วยโปรแกรม CCHE2D จะสามารถชี้แจงสภาพการไหลของน้ำที่อาจส่งผลให้เกิดการกัดเซาะ และสามารถติดตามการทับถมของตะกอนที่เปลี่ยนแปลงไปตามจังหวะการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล จากตัวอย่างการบริหารประตูระบายน้ำ 4 กรณี อันประกอบด้วย 1) บริหารประตูระบายน้ำแบบเปิดหมด 2) บริหารเพื่อลดระดับน้ำด้านในประตูระบายน้ำ 3) บริหารเพื่อเพิ่มการไหลออกคลองมหาชัย และ 4) บริหารเพื่อเพิ่มการไหลออกคลองหลวง ซึ่งคาดว่าสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อระบายตะกอนให้ออกไปจากพื้นที่ได้อีกทางหนึ่ง ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขุดลอก และช่วยฟื้นฟูสภาพน้ำให้ดีขึ้นได้

ผลการศึกษาสรุปว่า การบริหารประตูระบายน้ำกรณีที่ 1 พบตะกอนตกสะสมสูงสุดบริเวณท้องคลองมหาชัยที่ระดับ 0.2 ม. ส่วนการบริหารประตูระบายน้ำกรณีที่ 3 และกรณีที่ 4 พบว่า สามารถช่วยลดระดับตะกอนทั้งในคลองมหาชัย และในคลองหลวงได้ที่ระดับ -0.6 ม. และ -0.3 ม. ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการบริหารนี้สามารถลดระดับตะกอนได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อในเรื่องของอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสม และแนวการบริหารในรูปแบบอื่นๆ ควบคู่กับการเลือกใช้ช่วงเวลาที่เหมาะสมกับแต่ละกรณี เพื่อให้สามารถระบายตะกอนที่ทับถมอยู่ ทั้งในเชิงปริมาณ และประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

ABSTRACT : Mahachai Canal and Lung Canal, Samutsakhon Province has long been affected by erosion and deposition resulting from continual tidal change. The study of hydraulic-flow with 2-D mathematical model "CCHE2D" can help not only identify the areas vulnerable to erosion, but also monitor the deposition areas affected by the simulating flow at the different periods of time. The study means to find out how tides influence sediment transport and deposition. On this study, there are 4 scenarios to operate the

water gates in the canal: 1) Open full-time 2) Keep the lower water level in the inner area 3) Increase flow to Mahachai Canal and 4) Increase flow to Lung Canal. The study should lead to the means to get rid of the sediment and eventually reduce the cost of sediment removal and the canal rehabilitation.

The findings of the study revealed that the first scenario produced the maximum sediment deposition 0.2 m on the bed in the center of Mahachai Canal. The third and fourth scenario could remove the partial sediment in the canal of Mahachai Canal -0.6 meters and Lung Canal -0.3 meters. As a result, the further study is needed to find out the appropriate flow rate for sediment transport as well as other management guidelines to implement at the right time in order to improve the process of sediment flushing in terms of both sediment volume and removal efficiency.

KEYWORDS : Two-dimensional flow, Hydraulic model, Sediment transport, Sediment removal

1. บทนำ

คลองมหาชัยเป็นคลองที่เชื่อมคลองบางกอกน้อยกับปากแม่น้ำท่าจีน และมีคลองซอยเชื่อมออกทะเลอยู่มาก หนึ่งในนั้นคือคลองหลวงที่เชื่อมระหว่างคลองมหาชัยกับคลองสรรพสามิตที่ไหลต่อไปออกยังอ่าวไทย จากการศึกษพบว่าการไหลของน้ำเหนือจากแม่น้ำเจ้าพระยาผ่านคลองบางกอกน้อยจะมาปะทะเข้ากับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย ทำให้เกิดสภาพน้ำนิ่งไม่ไหลเวียน(สภาพน้ำตาย) บริเวณกลางคลองซึ่งมักประสบปัญหาตะกอนตกทับถมทำให้คลองตื้นเขิน [1, 2] แตกต่างจากบริเวณปากแม่น้ำและแยกคลองที่มักประสบปัญหาการกัดเซาะ

การศึกษานี้คาดว่าจะสามารถแสดงสภาพการไหลของน้ำที่อาจส่งผลให้เกิดการกัดเซาะ และสภาพตะกอนในท้องน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขการบริหารประตुरะบายน้ำ (ปตร.) กรณีต่างๆ ซึ่งคาดว่าจะสามารถใช้เป็นแนวทางประกอบการบริหารประตुरะบายน้ำเพื่อระบายตะกอนที่ทับถมอยู่ให้ออกไปจากพื้นที่ได้อีกทางหนึ่ง ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขุดลอก และช่วยฟื้นฟูสภาพลำน้ำให้ดีขึ้นได้

1.1 วัตถุประสงค์

ศึกษาสภาพการไหลของน้ำ และติดตามสภาพตะกอนท้องน้ำที่เปลี่ยนแปลงในพื้นที่ศึกษา ด้วยตัวอย่างการบริหารประตुरะบายน้ำกรณีต่างๆ

1.2 เครื่องมือ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติ CCHE2D [3] เพื่อศึกษาสภาพการไหล และติดตามสภาพตะกอนท้องน้ำที่เปลี่ยนแปลง โปรแกรมดังกล่าวพัฒนาโดย National Center for Computational Hydroscience and Engineering, The University of Mississippi ด้วยสมการคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณ Continuity Equation ตามสมการที่ (1) และ Momentum Equation ตามสมการที่ (2) และสมการที่ (3) คือ

$$\frac{\partial z}{\partial t} + u \frac{\partial(hu)}{\partial x} + v \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{Cor} v \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho h} + f_{Cor} u \quad (3)$$

z is the water surface elevation (m)

u, v are the depth-integrated velocity components in the x and y directions respectively (m/s)

t is time (s)

g is the gravitational acceleration (m/s^2)

ρ is water density (kg/m^3)

h is local water depth (m)

f_{Cor} is the Coriolis parameter

$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yx}, \tau_{yy}$ are the depth integrated Reynolds stresses

τ_{bx}, τ_{by} are shear stresses on the bed surface

ส่วนการคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอน เป็นไปตามสมการที่ (4) คือ

$$\frac{\partial c_k}{\partial t} + \frac{\partial(uc_k)}{\partial x} + \frac{\partial(vc_k)}{\partial y} + \frac{\partial(wc_k)}{\partial z} - \frac{\partial(\omega_k c_k)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_s \frac{\partial c_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon_s \frac{\partial c_k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon_s \frac{\partial c_k}{\partial z} \right) \quad (4)$$

C_k is the concentration of k -th size class of sediment

u, v, w are the velocity components in the x, y and z directions respectively, z -direction being assigned as the vertical direction along the gravity (m/s)

ω_k is the setting velocity of the k -th size class of sediment

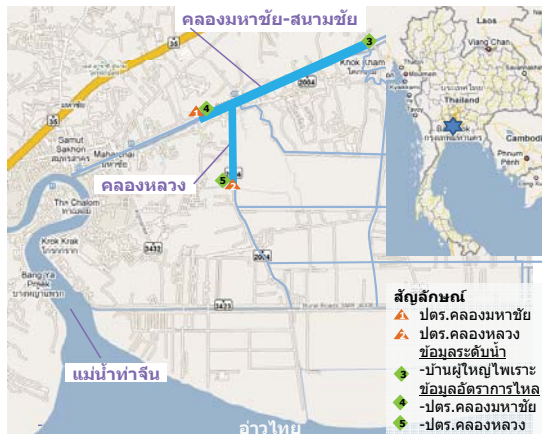
ε_s is the eddy diffusivity of sediment

ν_t is the eddy viscosity of flow

ε_s is the eddy diffusivity of sediment

1.3 พื้นที่ศึกษา

คลองมหาชัย และ คลองหลวง อ.เมือง จ.สมุทรสาคร มี ปตร.ของกรมชลประทาน 2 แห่ง คือ 1) ปตร.คลองมหาชัย และ 2) ปตร.คลองหลวง และมีสถานีโทรมาตรวัดระดับน้ำ 3 สถานี คือ 1) สถานีบ้านผู้ใหญ่ไผ่เราะ 2) สถานี ปตร.คลองมหาชัย และ 3) สถานี ปตร.คลองหลวง ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาคลองมหาชัย และคลองหลวง อ.เมือง จ.สมุทรสาคร

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับการประมวลผล

2.1.1 ข้อมูลกายภาพ

- ข้อมูล ปตร. ประกอบด้วย ตำแหน่ง ประเภท จำนวน บานระบายน้ำ และขนาดของบานระบาย
- ข้อมูลลักษณะกายภาพของน้ำที่ประมวลผลจากข้อมูล การสำรวจทางบก และการสำรวจจุดตัดลำน้ำ ในคลองมหาชัย (10 กม.) และคลองหลวง (5 กม.)

2.1.2 ข้อมูลระดับน้ำ และข้อมูลอัตราการไหล

- จำนวนจากแบบจำลอง Mike11 ที่ใช้เป็นข้อมูลขอบเขตของแบบจำลองในตำแหน่งสถานีโทรมาตร

2.2 การสร้างแบบจำลอง

จำลองสภาพการไหลแบบ Unsteady flow และศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอน ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 มิติ โปรแกรม CCHE2D ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 กำหนดเงื่อนไขในการคำนวณ

- โครงข่ายของลำน้ำสร้างขึ้นจากการกำหนดขอบเขต และประมาณค่าข้อมูลลักษณะกายภาพของน้ำ ด้วยโปรแกรม CCHE-Mesh
- จำลองเหตุการณ์ตัวอย่างการบริหาร ปตร.ทั้ง 4 กรณี ในช่วงวันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2551 เวลา 16:00 น. ถึง 25 เมษายน พ.ศ. 2551 เวลา 16:00 น. รวมเวลา 48 ชั่วโมง รายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กรอบการบริหารประตูระบายน้ำในพื้นที่ศึกษา

กรณี	น้ำขึ้น	น้ำลง
1) บริหาร ปตร. แบบเปิดหมด	เปิด ปตร.คลองมหาชัย เปิด ปตร.คลองหลวง	เปิด ปตร.คลองมหาชัย เปิด ปตร.คลองหลวง
2) บริหาร ปตร. เพื่อลดระดับน้ำ	ปิด ปตร.คลองมหาชัย ปิด ปตร.คลองหลวง	เปิด ปตร.คลองมหาชัย เปิด ปตร.คลองหลวง
3) บริหาร ปตร. เพิ่มการไหล	ปิด ปตร.คลองมหาชัย เปิด ปตร.คลองหลวง	เปิด ปตร.คลองมหาชัย ปิด ปตร.คลองหลวง
4) บริหาร ปตร. เพิ่มการไหล ออก	เปิด ปตร.คลองมหาชัย ปิด ปตร.คลองหลวง	ปิด ปตร.คลองมหาชัย เปิด ปตร.คลองหลวง

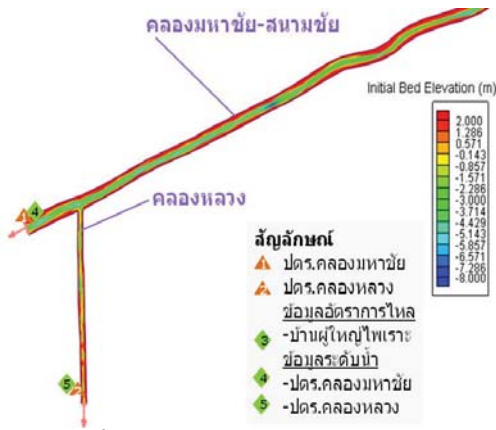
ข้อมูลที่ใช้เป็นขอบเขตของแบบจำลอง

- ข้อมูลระดับน้ำ และอัตราการไหล

จำนวนข้อมูลที่ใช้เป็นขอบเขตของแบบจำลองมีทั้งหมด 3 จุด ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยประกอบด้วยข้อมูลอัตราการไหล 1 จุด และข้อมูลระดับน้ำ 2 จุด ตามตารางที่ 2

- ข้อมูลตะกอนแขวนลอย และตะกอนท้องน้ำ

ข้อมูลตะกอนที่เป็นขอบเขตของแบบจำลองกำหนดให้มีชั้นตะกอนทั้งหมด 7 ชั้น และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะกอนอยู่ในช่วง 0.05 ถึง 2.5 μm [4] รายละเอียดตามตารางที่ 3



ภาพที่ 2 ตำแหน่งข้อมูลที่ใช้เป็นขอบเขตของแบบจำลอง

ตารางที่ 2 รายละเอียดข้อมูลระดับน้ำและอัตราการไหล

ตำแหน่ง	ประเภทข้อมูล
1 สถานีบ้านผู้ใหญ่ไพเราะ	ข้อมูลอัตราการไหล
2 สถานี ปตร.คลองมหาชัย	ข้อมูลระดับน้ำ
3 สถานี ปตร.คลองหลวง	ข้อมูลระดับน้ำ

ตารางที่ 3 รายละเอียดชั้นตะกอน และขนาดของตะกอน

ชั้นตะกอน	ขนาดตะกอน (μm)	ความหนาชั้นตะกอน (m)
1	0.05	0.02
2	0.10	0.02
3	0.50	0.02
4	1.00	0.02
5	1.50	0.10
6	2.00	0.50
7	2.50	1.00

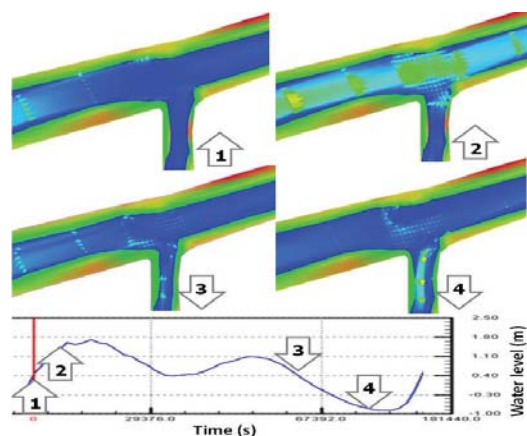
3. ผลการวิจัย

จากแบบจำลอง CCHE2D สามารถจำลองสภาพการไหล ของน้ำ และจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงของตะกอนในคลองมหาชัย และคลองหลวงตามเงื่อนไขการบริหาร ปตร. ได้ครบทั้ง 4 กรณี

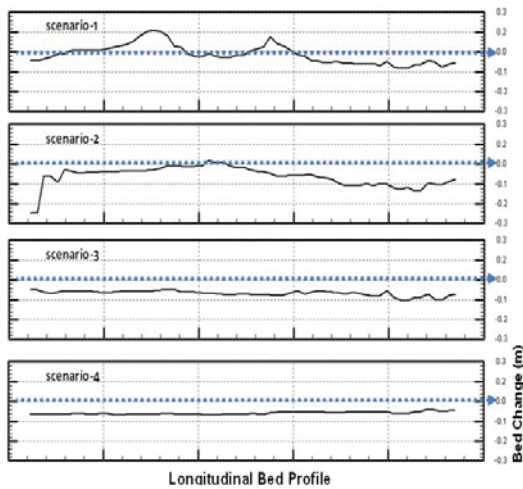
ผลจากการจำลองสภาพไหลของน้ำบริเวณแยกคลองมหาชัยตัดกับคลองหลวงด้วยการบริหาร ปตร. ในกรณีที่ 1 แสดงถึงสภาพความและทิศทางการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปใน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงน้ำขึ้น ช่วงน้ำขึ้นสูงสุด ช่วงน้ำลง และช่วงน้ำลงต่ำสุดตามที่แสดงในภาพที่ 3

ผลจากการบริหาร ปตร. กรณีต่างๆ เป็นผลให้เกิดการตกตะกอนและการทับถมของตะกอนในคลองที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน สำหรับการบริหาร ปตร. กรณีที่ 1 เกิดการทับถมของตะกอนบริเวณกลางคลองมหาชัยสูงสุดที่ระดับ 0.2 ม. ส่วนการบริหาร ปตร. กรณีที่ 2 กรณีที่ 3 และกรณีที่ 4 ล้วนให้ผลลัพธ์ไปในแนวเดียว คือ เกิดการลดระดับตะกอนท้องน้ำ โดยพบว่าการบริหาร ปตร. กรณีที่ 3 จะช่วยลดระดับตะกอนท้องน้ำในคลองมหาชัยได้มากที่สุด เฉลี่ยที่ -0.6 ม. และการบริหาร ปตร. กรณีที่ 4 จะช่วยลดระดับตะกอนท้องน้ำในคลองหลวงได้มากที่สุด เฉลี่ยที่ -0.3 ม. ตามที่แสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5 ตามลำดับ

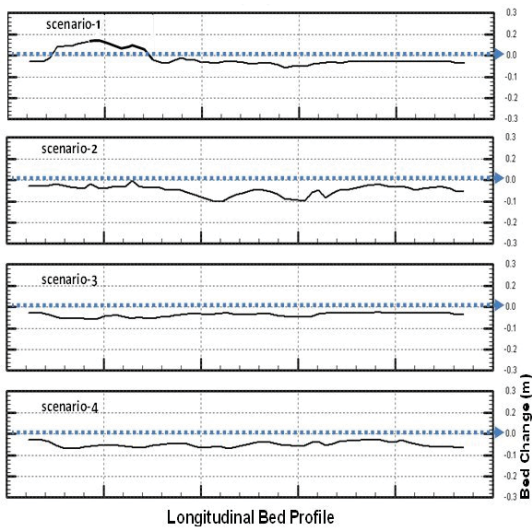
สภาพตะกอนท้องน้ำในคลองมหาชัย และในคลองหลวงที่เปลี่ยนแปลงไปตามการบริหาร ปตร. กรณีต่างๆ แสดงในภาพที่ 6 และภาพที่ 7 ตามลำดับ



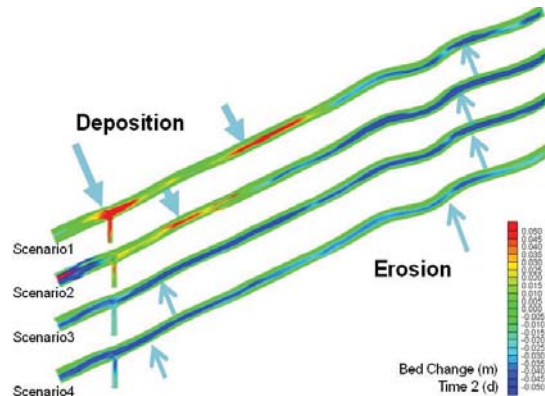
ภาพที่ 3 การไหลบริเวณแยกคลองมหาชัย ตัดกับคลองหลวงด้วยการบริหาร ปตร. กรณีที่ 1



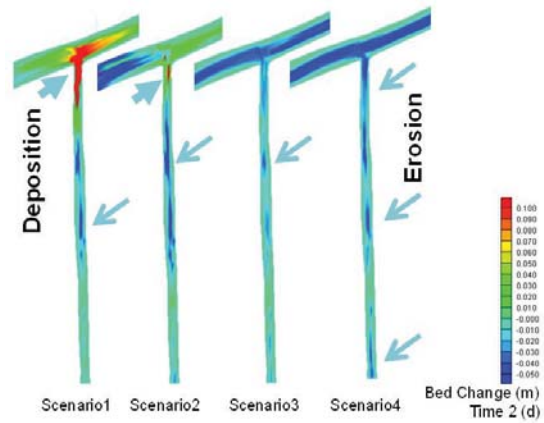
ภาพที่ 4 ภาพตัดตามยาวแสดงระดับตะกอนที่คลองมหาชัย



ภาพที่ 5 ภาพตัดตามยาวแสดงระดับตะกอนที่คลองหลวง



ภาพที่ 6 ระดับที่คลองมหาชัย เมื่อมีการบริหาร ปตร. 4 กรณี



ภาพที่ 7 ระดับที่คลองหลวง เมื่อมีการบริหาร ปตร. 4 กรณี

4. สรุปผล

การศึกษานี้ใช้แบบจำลอง CCHE2D ซึ่งสามารถแสดงสภาพความเปลี่ยนแปลง และทิศทางการไหลของน้ำ รวมถึงสามารถแสดงสภาพการตกตะกอน และการทับถมของตะกอนในคลองที่เปลี่ยนแปลงไปตามการบริหาร ปตร. กรณีต่างๆ ผลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหาร ปตร. เพื่อลดระดับตะกอนที่น้ำที่สะสมในคลองสายต่างๆ และช่วยฟื้นฟูสภาพทางน้ำด้วยการบริหาร ปตร. ที่มีอยู่ในพื้นที่ได้

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง CCHE2D กำลังอยู่ในระหว่างดำเนินการสอบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองกับหุ่นจำลอง รวมถึงการสอบเทียบกับข้อมูลทางภาคสนามเพื่อยืนยันความถูกต้องต่อไป อย่างไรก็ตามโครงการฯ นี้คาดว่าจะ

ได้ผลสมบูรณ์ในปี 2552 รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับ โครงการฯ สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

<http://job.haii.or.th/samutsakhon>

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการแก้มลิงอเนกประสงค์ คลองสนามชัย – มหาชัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร – สมุทรสาคร ด้วยการสนับสนุนทุนวิจัย จากมูลนิธิชัยพัฒนา

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ กรมชลประทาน ที่สนับสนุนข้อมูลอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อการวิจัย

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร.สุทัศน์ วิสกุล และคุณสุพจน์ ธรรมสิทธิรงค์ รวมถึงคณะทำงานทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำและการจัดการ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการให้ความรู้ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ์ จำกัด, บริษัท แอสติคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด, 2541. โครงการแก้มลิง “คลองมหาชัย-คลองสนามชัย” จังหวัดสมุทรสาคร- กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร : กรมชลประทาน.
- [2] สำนักกระบายน้ำ, บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริ์ จำกัด, 2546. โครงการสำรวจและออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่เขตหนองแขม เขตบางขุนเทียน และเขตจอมทอง. กรุงเทพมหานคร : สำนักกระบายน้ำ.
- [3] Jennifer G. Duan and Nanda S.K. (2005). Two-dimensional Depth-averaged Model Simulation of Suspended Sediment Concentration Distribution in A Groyne Field, *Journal of Hydrology* (2006); No.327, 426–437.
- [4] Conway T. (Cited 4 July 2008). Soil Particle Size and Porosity, *Available from*: URL:<http://www.sci-journal.org>
- [5] Hunsan ZA, Ghani AA, and Zakaria NA. (2007). Application of 2-D Modeling for Munda River Using CCHE2D. *Proceeding of 2nd International Conference on Managing River in the 21st Century: Solotions Toward Sustainable River Basin, Malaysia pp.* June 6-8, 2007; 249-253