



SIMULATION OF ESTUARINE HYDROLOGICAL CHARACTERISTIC:
A CASE STUDY OF THE LOWER CHAO PRAYA RIVER

The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage

การจำลองสภาพอุทกวิทยาของระบบปากแม่น้ำ: กรณีศึกษาแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง
SIMULATION OF ESTUARINE HYDROLOGICAL CHARACTERISTIC:
A CASE STUDY OF THE LOWER CHAO PRAYA RIVER

ศิโรจน์ ศิริทรัพย์, ณัฐภรณ์ แสงนิล และสายฝน ทมกระโทก

ห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองขนาดใหญ่ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

112 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทร. 02-564-6900 ต่อ 2275 โทรสาร 02-564-6776

Email: sirod.sirisup@nectec.or.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าและน้ำขึ้น-น้ำลงที่มีต่อสภาพอุทกวิทยา (การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและรูปแบบของกระแสน้ำ) ในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ FVCOM (Finite Volume Coastal Ocean Model) บริเวณพื้นที่ทำการศึกษาริมตั้งแต่อำเภอบางไทร จังหวัดอยุธยาจนถึงบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในอ่าวไทย โดยทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและรูปแบบการไหลของน้ำในช่วงน้ำแล้งและช่วงน้ำหลากในปี พ.ศ. 2555 ผลการศึกษาพบว่าผลลัพธ์ของน้ำขึ้น-น้ำลง และระดับน้ำเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่าตรวจวัดน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ย สภาพอุทกวิทยาในลำน้ำจำแนกได้เป็นสองลักษณะ ได้แก่ กรณีที่ 1 : สภาพอุทกวิทยาในลำน้ำของพื้นที่ศึกษาถูกควบคุมโดยสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงเป็นหลัก (tide-dominated regime) โดยระดับน้ำและรูปแบบของกระแสน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงเป็นหลักแต่ค่าพิสัยน้ำมีขนาดลดลงตามระยะห่างจากปากแม่น้ำ และกระแสน้ำช่วงน้ำลงมีความเร็วกว่าช่วงน้ำขึ้น กรณีที่ 2: สภาพอุทกวิทยาในลำน้ำของพื้นที่ศึกษาถูกควบคุมโดยน้ำท่า (river-dominated regime) ลำน้ำแต่ละช่วง มีพฤติกรรมทางอุทกวิทยาแตกต่างกัน โดยระดับน้ำปานกลางบริเวณลำน้ำตอนบนยกระดับสูงขึ้นมากแต่พิสัยของน้ำจะแคบลง ส่วนบริเวณใกล้ปากแม่น้ำนั้นระดับน้ำปานกลางยกระดับขึ้นเล็กน้อย การศึกษานี้ยังพบว่ากระแสน้ำบริเวณตอนกลางและบน ของลำน้ำในช่วงน้ำหลาก (เหนือท่าเรือกรุงเทพขึ้นไปจนถึงอำเภอบางไทร) ไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำขึ้น-น้ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้กระแสน้ำมีทิศทางไหลสู่ปากแม่น้ำเพียงทิศทางเดียว ส่วนบริเวณใกล้ปากแม่น้ำมีสภาพของทิศทางของการไหลเปลี่ยนแปลง ตามรอบน้ำขึ้น-น้ำลง แต่ความเร็วของกระแสน้ำทั้งฤดูน้ำแล้งและน้ำหลากมีแนวโน้มสูงขึ้นมากกว่าสภาพการไหลที่ไม่มีอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงในลำน้ำที่นำมาเปรียบเทียบ

Abstract

This study aims to investigate the interaction of tide and river flow for the lower Chao Phraya River through the Finite Volume Coastal Ocean Model (FVCOM). The study covers the period of the onset precipitation to the onset winter season in 2012. The model has been successfully validated with the observed data. We have found that the interaction results in two scenarios: tide-dominated and river-dominated regimes, depending on the river discharge volume. Besides, we also find that the tidal effects in the middle and upper section are insignificant during high river discharge period.

1. บทนำ

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นลำน้ำสายสำคัญเส้นหนึ่งที่มีบทบาทต่อสภาพสังคม-เศรษฐกิจของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นอย่างมาก แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแหล่งวัฒนธรรมเก่าแก่ของกลุ่มแม่น้ำของภาคกลาง เป็นเส้นทางทางพาณิชย์ที่เอื้อต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจของภาคกลางมาช้านานอีกทั้งเป็นแหล่งทรัพยากรน้ำหลักเพื่อการอุปโภค-บริโภคของหลายภาคส่วน นอกเหนือจากบทบาทสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น ในปัจจุบันเป็นที่ประจักษ์ว่าสภาพอุทกวิทยาของแม่น้ำเจ้าพระยาสามารถมีผลกระทบต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำโดยรวมของกลุ่มน้ำข้างเคียงด้วย (บางปะกง ท่าจีน และแม่กลอง) ดังจะเห็นได้จากปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปี 2554 ซึ่งมีผลกระทบเป็นวงกว้างไม่ได้จำกัดเพียงในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาแต่อย่างใด หากแต่มีผลต่อพื้นที่น้ำท่วมหรือระดับน้ำในแม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำบางปะกงด้วย ทั้งนี้สภาพปัญหาดังกล่าวขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ทั้งการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนและตอนกลาง และจากสภาพการระบายน้ำของลำน้ำเจ้าพระยาโดยธรรมชาติอีกด้วย ที่มีลักษณะสำคัญ ได้แก่ การได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงจากอ่าวไทยโดยเฉพาะบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ซึ่งสามารถสร้างผลกระทบในลักษณะของน้ำท่วมจากระดับน้ำล้นตลิ่งและมีผลให้การระบายน้ำลงสู่อ่าวไทยมีประสิทธิภาพลดลง สภาพอุทกวิทยาของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างยังสามารถเป็นปัจจัยบ่งชี้สภาพน้ำท่วมที่จะเกิดขึ้นในหลายจังหวัด ได้แก่ จังหวัดอยุธยา ปทุมธานี และกรุงเทพมหานคร ดังนั้นสังคมลุ่มน้ำเจ้าพระยาจึงได้ตระหนักถึงความสำคัญต่อปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่นี้ ตลอดจนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องก็ได้มีการกำหนดแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและอุทกภัยเพื่อใช้จัดการปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตามพฤติกรรมของน้ำท่วมและสภาพอุทกวิทยาของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างนับได้ว่ามีความซับซ้อนตามสภาพธรณีสัณฐานโดยธรรมชาติ กล่าวคือแม่น้ำเจ้าพระยา มีทั้งลำน้ำส่วนที่มีน้ำท่าเป็นกลไกทางอุทกวิทยาและส่วนที่เป็นไปสภาพสมุทรศาสตร์ของอ่าวไทย ในฤดูน้ำแล้งระดับน้ำในแม่น้ำโดยส่วนใหญ่จะเปลี่ยนแปลงตามสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงในทะเล ในฤดูน้ำหลากระดับน้ำเฉลี่ยสามารถยกตัวสูงขึ้นมากตลอดทั้งลำน้ำ และอาจเพิ่มระดับมากจนล้นตลิ่งแม่น้ำก่อให้เกิดสภาพน้ำท่วมขึ้นได้ดังที่กล่าวข้างต้น สภาพการระบายน้ำของลำน้ำส่วนนี้ จึงนับได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญการบริหารจัดการน้ำของลุ่มน้ำเจ้าพระยาอย่างมาก เมื่อเทียบกับระบบบริหารจัดการน้ำในระบบปากแม่น้ำในหลายๆ ประเทศพบว่าปรากฏการณ์การปฏิสัมพันธ์ของน้ำท่าและน้ำขึ้น-น้ำลงจำเป็นต้องมีการควบคุมในบางสภาวะ เช่น ในหน้าน้ำหลากที่มักทำให้เกิดน้ำท่วม หรือมีพายุหมุนเกิดขึ้น (แม่น้ำ Thames แม่น้ำ Hoek van Holland ฯลฯ) ซึ่งในการดำเนินงานนั้นได้มีการศึกษาทั้งสภาพอุทกวิทยาและพลศาสตร์ของน้ำในแม่น้ำอย่างชัดเจน เป็นผลให้ดำเนินมาตรการควบคุม สภาพน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับสภาพอุทกวิทยาของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยเฉพาะปฏิสัมพันธ์ของน้ำท่าและน้ำขึ้น น้ำลง ยังไม่ได้รับการศึกษาในเชิงลึกมากนัก สุภัทรและคณะ[1] ได้เสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายการผันแปร ของระดับน้ำใกล้ปากแม่น้ำ ในลักษณะของพลังงานศักย์รวม (total head) ซึ่งเป็นผลจาก energy slope ที่เกิดจากน้ำท่า และระดับน้ำฮาร์โมนิค (น้ำขึ้น-น้ำลง) รวมทั้งการสูญเสียพลังงานในลักษณะของ damping แบบจำลองสามารถคำนวณระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างได้ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัด อย่างไรก็ตามสภาพอุทกวิทยาของแม่น้ำเจ้าพระยาในหลายๆ ด้าน เช่น สภาพการระบายน้ำภายใต้สภาพสมุทรศาสตร์และฤดูกาลต่างๆ รวมทั้งอิทธิพลของสภาพลำน้ำต่อรูปแบบการไหลยังไม่ได้รับการศึกษาที่ชัดเจน

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของกลไกทางอุทกพลศาสตร์เพื่ออธิบายปฏิสัมพันธ์ของน้ำท่าและน้ำขึ้น-น้ำลง และมุ่งเน้นที่พลศาสตร์ของการไหลที่เกี่ยวข้องกับสภาพการระบายน้ำ อาทิ รูปแบบการไหลในแต่ละสภาพแวดล้อม ผลของสภาพท้องลุ่มต่อการไหล รวมทั้งเวลาในการระบายน้ำในลำน้ำแต่ละช่วง เพื่อให้สามารถเข้าใจสภาพอุทกวิทยาของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างได้อย่างชัดเจน ส่งเสริมการรับรู้และตระหนักของประชาชนหรือเป็นแนวทางการจัดการปัญหาน้ำท่วมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ดำเนินการด้วยการจำลองทางอุทกพลศาสตร์ โดยใช้แบบจำลอง Finite Volume Coastal Ocean Model (FVCOM) [3] และ [4] ทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและรูปแบบการไหลของน้ำในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งในปี พ.ศ. 2555 และบทความวิจัยนี้ประกอบด้วยวิธีวิจัย ผลการศึกษาและสรุป ซึ่งมีรายละเอียดเสนอในลำดับถัดไป

2. ขอบเขตการศึกษาและวิธีการ

พื้นที่ศึกษามีขอบเขตครอบคลุมพื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง เริ่มจาก อำเภอบางไทร จังหวัดอยุธยา ไปจรดเขตอ่าวไทยที่บริเวณ สันดอนเจ้าพระยา จังหวัดสมุทรปราการ (รูปที่ 1) มีลำน้ำส่วนนี้ที่มีสภาพคดเคี้ยวโดยมีความยาว 120 กิโลเมตรโดยประมาณ และมีความกว้างโดยเฉลี่ย 0.5 กิโลเมตร ลำน้ำมีสภาพธรณีสัณฐานที่ซับซ้อน ที่ประกอบด้วย ลำน้ำรูปแอกขนาดใหญ่สองแห่ง ได้แก่บริเวณอำเภอบางเกร็ด จังหวัดนนทบุรี และอำเภอบางกระเจ้า จังหวัดสมุทรปราการ จากข้อมูลการสำรวจสภาพความลึกของแม่น้ำเจ้าพระยาโดยกรมเจ้าท่า ทำให้ทราบว่าสภาพท้องลำนํามีความลึกไม่สม่ำเสมอมีท้องน้ำที่เป็นแอ่งลึกหลายแห่งวางตัวในลำน้ำ แอ่งตอนบนของลำน้ำมีความลึกถึง 40 เมตร บริเวณ อำเภอบางไทร และ อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี ลักษณะดังกล่าว บ่งชี้ว่าสภาพอุทกวิทยาของลำน้ำจะมีความซับซ้อนจากอิทธิพลของสัณฐานลำน้ำ นอกเหนือจากการถูกบังคับด้วยสภาพอุทกวิทยาจากลุ่มน้ำตอนบนและสภาพสมุทรศาสตร์ อย่างไรก็ตามสภาพดังกล่าวยังสามารถอธิบายได้ด้วย หลักการเคลื่อนที่ของของไหลแบบสถิต (hydrostatics assumption) ซึ่งเป็นพื้นฐานของการการพัฒนาแบบจำลองอุทกพลศาสตร์เพื่อใช้จำลองการเคลื่อนที่ของน้ำตามสมมุติฐานดังกล่าวจากหลายหน่วยงาน แบบจำลอง FVCOM เป็นแบบจำลองที่ถูกพัฒนาจากระเบียบวิธีการคำนวณแบบปริมาตรจำกัด (finite volume) ที่มีหลักการสอดคล้องกับสภาพการถ่ายเทของมวลสารและพลังงาน หรือฟลักซ์ (flux) ของปริมาณกายภาพระหว่างปริมาตรควบคุม (control volume) และพื้นผิวนอกรอบข้าง ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์เข้ากับหลักอนุรักษในพลศาสตร์ของไหลได้โดยตรง แบบจำลองนี้ทำการคำนวณปริมาณการไหลบนกริดแบบไร้โครงสร้าง ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เข้ากับสภาพซับซ้อนของลำน้ำได้เป็นอย่างดี ส่งผลทำให้การคำนวณมีความถูกต้องสูงยิ่งขึ้น สมการควบคุมการไหลที่ใช้ในแบบจำลองโดยใช้สมมุติฐาน Boussinesq และการเคลื่อนที่แบบสถิต ประกอบด้วยสมการอนุรักษมวลและโมเมนตัมในระบบแกน σ ดังต่อไปนี้

สมการอนุรักษมวล

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial uD}{\partial x} + \frac{\partial vD}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} = 0$$

สมการอนุรักษโมเมนตัม

$$\begin{aligned} \frac{\partial uD}{\partial t} + \frac{\partial u^2 D}{\partial x} + \frac{\partial uvD}{\partial y} + \frac{\partial u\omega}{\partial \sigma} - fvD &= -gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0 D} + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(K_m \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + DF_u \\ \frac{\partial vD}{\partial t} + \frac{\partial uvD}{\partial x} + \frac{\partial v^2 D}{\partial y} + \frac{\partial v\omega}{\partial \sigma} + fuD &= -gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0 D} + \frac{1}{D} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(K_m \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + DF_v \end{aligned}$$

ทั้งนี้ u , v และ ω คือความเร็วในแกน x , y และ σ ตามลำดับ f คือ โคโรอริสพารามิเตอร์ $D = h + \eta$ คือระดับน้ำรวมโดยที่ η คือระดับน้ำเปลี่ยนแปลงที่ผิว และ h ระดับความสถิตเปรียบเทียบกับ g คือ สัมประสิทธิ์ความเร่งจากแรงโน้มถ่วง ρ_0 คือความหนาแน่นของน้ำ K_m คือสัมประสิทธิ์ความหนืดของเอ็ดดี้ในแนวตั้ง τ_{bx} และ τ_{by} คือความเค้นจากแรงเสียดทานจากพื้นท้องน้ำในแกน x และ y ส่วน F_u และ F_v คือพจน์ของการกระจายของโมเมนตัมแนวราบในแกน x และ y ตามลำดับ

ในการกำหนดขอบเขตของปัญหาที่จะศึกษาให้สอดคล้องกับสัณฐานของลำน้ำนั้น งานวิจัยนี้ได้รวมการจำลองทั้งรูปร่างของลำน้ำและพื้นที่น้ำท่วมริมฝั่งแม่น้ำด้วยกริดแบบไร้โครงสร้าง โดยใช้ชั้น σ จำนวนสามชั้นในโดยแต่ละชั้นมีจำนวนกริดประมาณ 20000 กริด (รูปที่ 1) ความกว้างของกริดมีขนาดแตกต่างกันตามสภาพสัณฐาน โดยส่วนของลำน้ำมีความกว้างประมาณ 50 เมตร และส่วนของที่ราบริมฝั่งมีความกว้างประมาณ 200 เมตร ค่าขอบด้านบนของลำน้ำ (upstream boundary) ได้ถูกกำหนดให้แม่น้ำท่าไหลเข้าตามสภาพการบริหารจัดการน้ำของปี พ.ศ. 2555 (กรมชลประทาน, 2555) ส่วนขอบของปัญหาบริเวณท้ายน้ำ (downstream boundary) ติดกับอ่าวไทย ถูกกำหนดให้ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงตามสภาพสมุทรศาสตร์ของอ่าวไทย โดยกำหนดระดับน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้น-น้ำลง สภาพความฝืดจากพื้นท้องลำนํามีค่า $(C_d, \text{drag coefficient})$ กำหนดให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

0.0025 ทั้งลำน้ำ และเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการอุทกวิทยาของน้ำท่าที่ชัดเจนยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการจำลองสถานการณ์การไหลของน้ำท่าในระบบแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยปราศจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงด้วยการวิจัยจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบระดับน้ำจากการคำนวณด้วยแบบจำลองกับข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำของกรมชลประทาน ซึ่งกลไกการปฏิสัมพันธ์ของน้ำท่าและน้ำขึ้น-น้ำลง และสภาพการระบายน้ำของลำน้ำได้ผลการศึกษา มีรายละเอียดในลำดับต่อไป

3. ผลการศึกษา

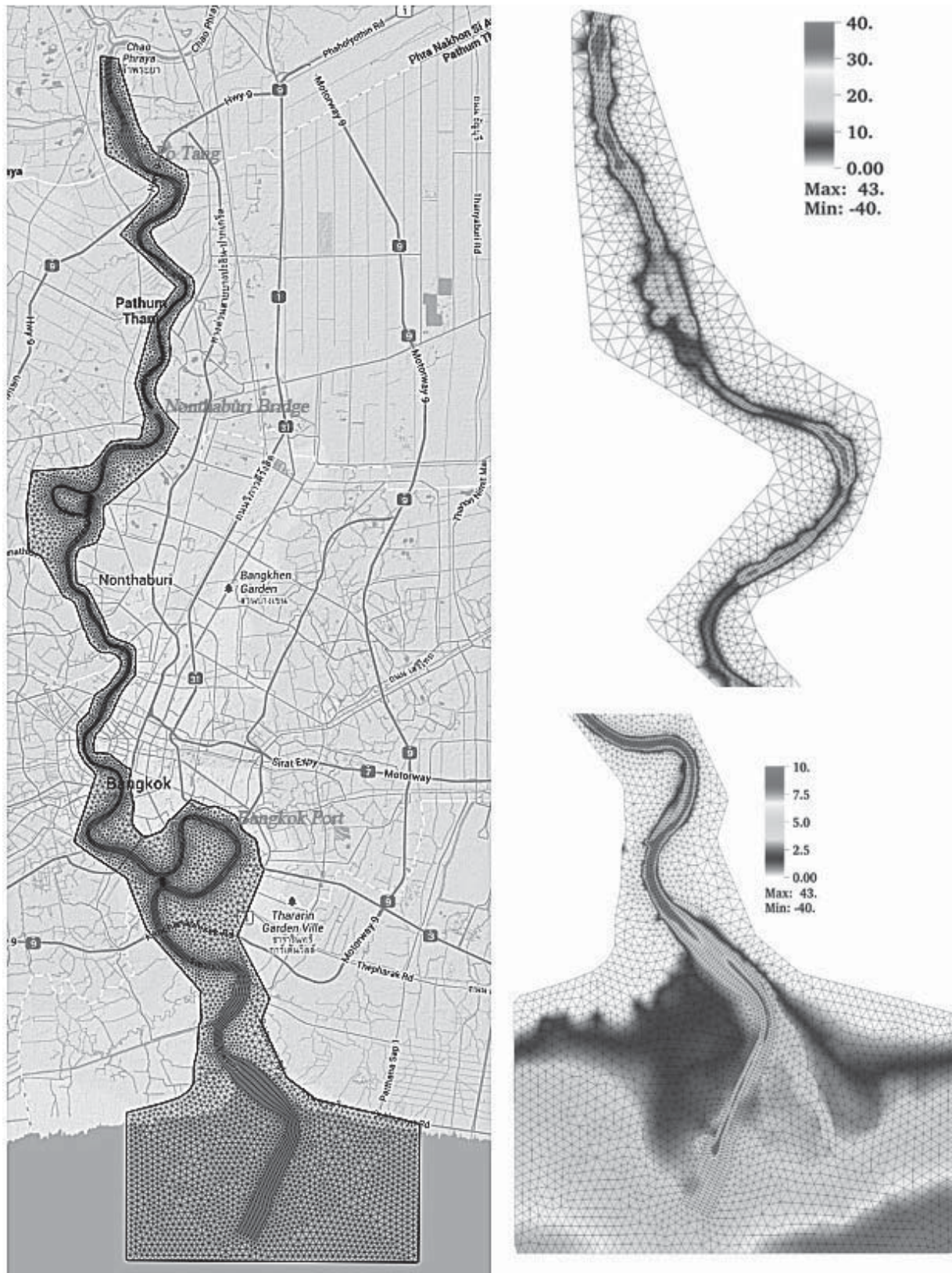
3.1 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

จากการจำลองสภาพอุทกพลศาสตร์ของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ภายใต้อิทธิพลของน้ำท่าและน้ำขึ้น น้ำลงจากทะเลอ่าวไทย โดยใช้แบบจำลอง FVCOM ดังรายละเอียดตามวิธีวิจัยที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ เพื่อความถูกต้องของแบบจำลองจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของค่าการคำนวณเมื่อเทียบกับข้อมูลที่วัดจริง ซึ่งในกรณีนี้ได้นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในระยะเวลาที่ทำการจำลอง ของ 3 สถานีบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ สถานีโพแดง (CPY13) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สถานีสะพานนวฬว (CPY14) จังหวัดนนทบุรี และสถานีสะพานกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร เมื่อทำการการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่าทั้งสามสถานี พิสัยของน้ำขึ้น-น้ำลงที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองมีความสอดคล้องกับค่าตรวจวัดเป็นอย่างดี (รูปที่ 2) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ โดยแต่ละสถานีมีค่าเฉลี่ยของพิสัยน้ำเกิดช่วงน้ำแล้งเท่ากับ 1.20 (1.18), 1.25 (1.29) และ 1.76 (2.3) และน้ำหลากเท่ากับ 0.60 (0.64), 0.88 (0.82) และ 1.24 (1.47) ตามลำดับ (หน่วยเป็นเมตร และค่าในวงเล็บคือค่าตรวจวัด) นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบแอมพลิจูด และเฟสของน้ำเดี่ยวและน้ำคู่องค์ประกอบหลัก (K_1 และ M_2) ที่ได้จากการวัดและจากการจำลองในบริเวณสถานีทั้งสามดังที่กล่าวมา (รายละเอียดการเปรียบเทียบของ K_1 และ M_2 นั้นถูกแสดงในตารางที่ 1 และ 2) พบว่ามีความใกล้เคียงกันโดยที่ ความถูกต้องในกรณีน้ำเดี่ยวจะมีมากกว่าน้ำคู่ และความถูกต้องในกรณีที่น้ำหลากก็จะมีมากกว่าในกรณีน้ำแล้ง ซึ่งสามารถอธิบายได้จากปฏิกิริยาของคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงกับสภาพความฝืด (friction) ของพื้นที่ท้องลุ่ม โดยคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงแบบน้ำคู่จะสูญเสียพลังงานมากกว่าคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่า ดังนั้นการกำหนดค่าความฝืดของลำน้ำให้มีลักษณะผันแปรตามสภาพธรรมชาติอาจเป็นแนวทางให้ได้ผลการคำนวณระดับน้ำที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยทั้งลำน้ำ อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้พบว่าการจำลองสภาพพื้นที่ท้องน้ำด้วยค่าความฝืดเฉลี่ยทั้งลำน้ำ ยังสามารถให้ผลการคำนวณที่มีความถูกต้องสูงในบริเวณตอนกลางถึงตอนบนของลำน้ำ ทั้งในช่วงน้ำแล้งและน้ำหลาก ดังนั้นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในพื้นที่ศึกษานี้จึงมีศักยภาพในการประยุกต์เพื่อศึกษาสภาพอุทกวิทยาตลอดจนภาวะน้ำท่วมของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในช่วงน้ำหลากได้ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบการผันแปรของระดับน้ำเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการวัดของทั้งสามสถานีที่ได้กล่าวมา พบว่า ความแตกต่างของระดับน้ำเฉลี่ยที่ได้นั้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามระยะทาง จากสถานีโพแดงออกไปสู่ปากแม่น้ำ ซึ่งความแตกต่างของระดับน้ำเฉลี่ยนี้คาดว่า มีผลมาจากการที่แบบจำลองนี้ไม่ได้ผนวกอิทธิพลจากน้ำหนุนที่มาจากลมมรสุมเป็นปัจจัยร่วมในการคำนวณ และจากการตรวจสอบพบว่าอิทธิพลนี้มีส่งผลให้เกิดความแตกต่างของระดับน้ำเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 30 เซนติเมตร ในบริเวณปากแม่น้ำ ผลของปัจจัยดังกล่าวจะได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงความถูกต้องของแบบจำลองต่อไป

3.2 สภาพอุทกวิทยา

จากผลการคำนวณโดยแบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อนำวิเคราะห์สภาพอุทกวิทยาของลำน้ำอันได้แก่ ระดับน้ำและรูปแบบของกระแสน้ำ รวมทั้งกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เห็นชัดเจนว่าสภาพอุทกวิทยาดังกล่าวมีลักษณะผันแปรตามช่วงเวลาการหลากของน้ำท่าและสภาพน้ำขึ้น-น้ำลง จำแนกได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้

กรณีที่ 1 : สภาพอุทกวิทยาในลำน้ำของพื้นที่ศึกษาถูกควบคุมโดยสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงเป็นหลัก (tide-dominated regime) เป็นลักษณะที่พบในช่วงน้ำแล้ง (ต้นฤดูฝน) ซึ่งมีปริมาณน้ำท่าที่ระบายเข้ามาในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีน้อย ทำให้ระดับน้ำและสภาพการระบายน้ำในรอบวันของพื้นที่ดังกล่าวเปลี่ยนแปลงตามระบบสมุทรศาสตร์ที่ลำน้ำได้เชื่อมต่อ (อ่าวไทยตอนบน, รูปที่ 3)



รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งสถานีวัดระดับน้ำของกรมชลประทาน (ซ้าย) การออกแบบกริดเพื่อใช้ในการคำนวณที่บริเวณด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ และข้อมูลความลึกของแม่น้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา (ขวา)

โดยระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามรอบน้ำขึ้น-น้ำลง อย่างไรก็ตามแอมพลิจูดของคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงที่แผ่เข้าไปในลำน้ำมีการลดลงตามระยะทางจากปากแม่น้ำ ทำให้บริเวณส่วนบนของพื้นที่ศึกษา ได้แก่บริเวณ อ.บางไทร จ.อยุธยา และบริเวณใกล้เคียงมีพิสัยของน้ำแคบกว่าบริเวณอื่น ๆ และจะมีระดับน้ำปานกลางเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากอิทธิพลของปริมาณน้ำท่า ในส่วนของสภาพการระบายน้ำพบว่าทิศทางการไหลของกระแสน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพของความชันของผิวหน้าน้ำอันเกิดจากน้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่งจากการคำนวณด้วยแบบจำลองพบว่าความเร็วของกระแสน้ำช่วงน้ำลงจะมีค่ามากกว่าช่วงน้ำขึ้นเนื่องจากความชันของผิวหน้าน้ำในช่วงน้ำลงมีค่ามากกว่าดังแสดงในรูปที่ 3 และจากการวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนตัวของก้อนน้ำ โดยวิธี Lagrangian particle tracking ซึ่งเป็นวิธีที่จะทำให้ทราบถึงการเคลื่อนตัวของก้อนน้ำจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยติดตามก้อนน้ำนั้นไปตลอดระยะเวลาการจำลอง ซึ่งพบว่าระยะทางสะสมที่มวลน้ำใช้ในการเดินทางจะมีค่าเท่ากับ 205 กิโลเมตร อันเป็นระยะทางมากกว่าความยาวของลำน้ำถึง 85 กิโลเมตร (ลำน้ำในพื้นที่ศึกษามีความยาว 120 กิโลเมตร) เนื่องจากการไหลย้อนกลับไป-มา ในทิศทางด้านท้ายในช่วงน้ำขึ้นและลง (รูปที่ 4) และมวลน้ำจะใช้เวลาในการเคลื่อนตัวจากบริเวณ อ.บางไทร จนถึงบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาเท่ากับ 8.3 วัน ซึ่งมากกว่าระยะทางที่เกิดจากสภาพการไหลที่ไม่มีอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง 1.5 วัน โดยที่มีความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนตัวเท่ากับ 0.3 เมตร/วินาที (รูปที่ 5) ในกรณีหลังมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 0.2 เมตร/วินาที

กรณีที่ 2: สภาพอุทกวิทยาในลำน้ำของพื้นที่ศึกษาถูกควบคุมโดยน้ำท่า (river-dominated regime) ซึ่งเป็นสภาพที่มีการระบายน้ำท่าเข้ามาในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในปริมาณมาก (รูปที่ 3) ซึ่งในงานวิจัยนี้คือช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม พ.ศ. 2555

ตารางที่ 1 แอมพลิจูดและเฟสของน้ำเดี่ยว K_1 หน่วยเป็น เซนติเมตร และ องศา ตามลำดับ

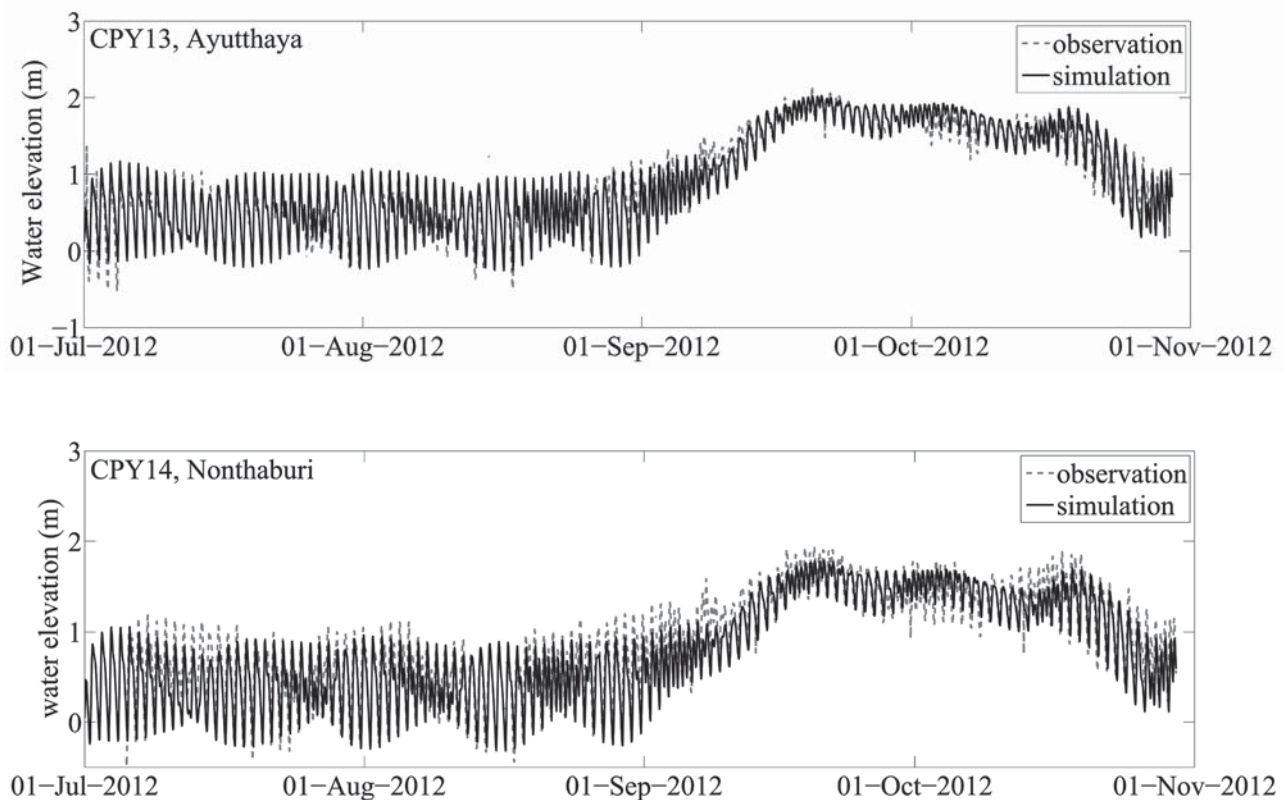
ชื่อสถานี	A_o	G_o	A_{sim}	G_{sim}
สถานีโพแดง ช่วงน้ำแล้ง	25.86	245.58	32.61	259.58
สถานีโพแดง ช่วงน้ำหลาก	12.21	236.47	12.6	263.8
สถานีสะพานนวฬวรี ช่วงน้ำแล้ง	33.7	223.49	32.89	253.2
สถานีสะพานนวฬวรี ช่วงน้ำหลาก	15.71	214.53	13.72	250.28
สถานีสะพานกรุงเทพ ช่วงน้ำแล้ง	52.22	189.79	41.99	206.98
สถานีสะพานกรุงเทพ ช่วงน้ำหลาก	35.37	178.12	29.77	189.56

ตารางที่ 2 แอมพลิจูดและเฟสของน้ำคู่ M_2 หน่วยเป็น เซนติเมตร และ องศา ตามลำดับ

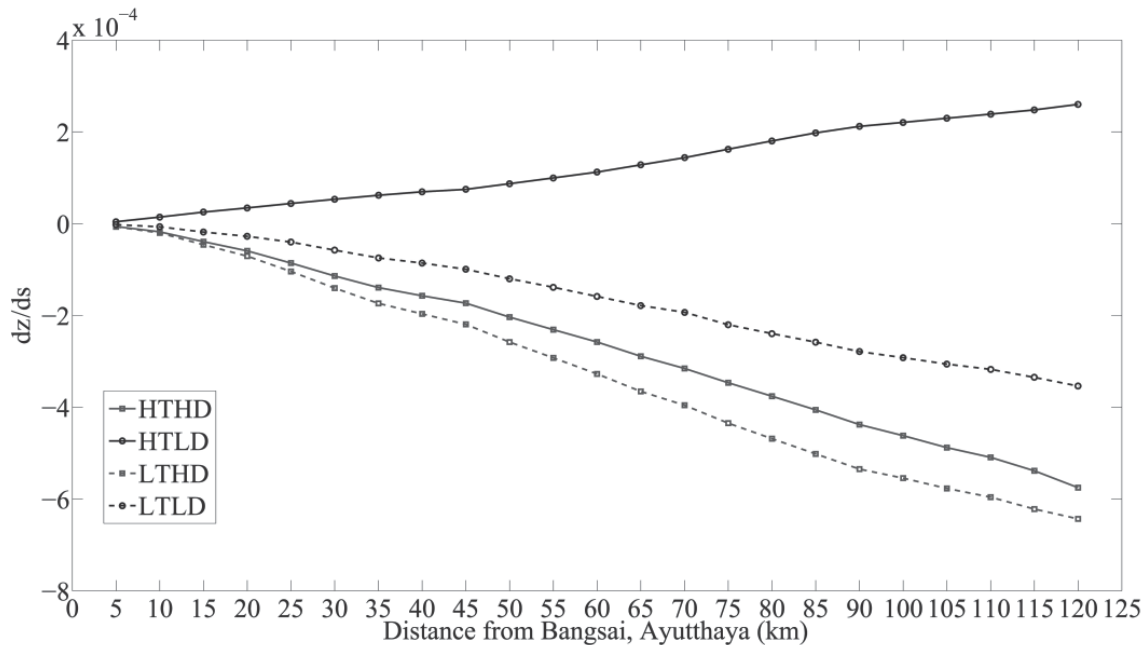
ชื่อสถานี	A_o	G_o	A_{sim}	G_{sim}
สถานีโพแดง ช่วงน้ำแล้ง	20.41	41.47	16.94	77.21
สถานีโพแดง ช่วงน้ำหลาก	12.81	82.74	11.35	125.53
สถานีสะพานนวฬวรี ช่วงน้ำแล้ง	21.28	2.64	16.05	62.47
สถานีสะพานนวฬวรี ช่วงน้ำหลาก	17.76	40.0	12.27	100.5
สถานีสะพานกรุงเทพ ช่วงน้ำแล้ง	46.06	310.83	29.87	330.58
สถานีสะพานกรุงเทพ ช่วงน้ำหลาก	47.77	347.76	36.43	7.17

* A_o G_o = แอมพลิจูดและเฟสที่ได้จากการตรวจวัด A_{sim} G_{sim} = แอมพลิจูดและเฟสที่ได้จากการจำลอง

สภาพดังกล่าวส่งผลให้ระดับน้ำปานกลางในลำน้ำตอนบน (บางไทร สามโคก ปากเกร็ด) ยกกระดับขึ้นสูงกว่ากรณีแรกอย่างชัดเจน (รูปที่ 1) อย่างไรก็ตามอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงยังสามารถมีผลต่อระดับน้ำในลำน้ำตอนบนได้แต่พิสัยของน้ำจะแคบลงมากกว่ากรณีที่ 1 (รูปที่ 2) ซึ่งบ่งชี้ว่าพลังงานของคลื่นน้ำขึ้น-น้ำลงที่แผ่เข้ามาใกล้บริเวณตอนบนของลำน้ำจะสูญเสียไปเมื่อปฏิสัมพันธ์กับน้ำท่าในระบบ ส่วนบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ (บริเวณตั้งแต่ท่าเรือกรุงเทพไปจนถึงบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา) มีระดับน้ำปานกลางเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและมีพิสัยน้ำไม่แตกต่างจากสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงตามในกรณีที่ 1 มากนัก และเมื่อวิเคราะห์รูปแบบของกระแสน้ำด้วยวิธี Lagrangian particle tracking พบว่ากระแสน้ำบริเวณใกล้ปากแม่น้ำยังคงมีสภาพของทิศทางและความเร็วของการไหลใกล้เคียงกับกรณีที่ 1 ในขณะที่กระแสน้ำเหนือท่าเรือกรุงเทพขึ้นไปจนถึงอำเภอบางไทรมีทิศทางไหลสู่ปากแม่น้ำเพียงทิศทางเดียวและมีความเร็วของกระแสน้ำมากกว่ากรณีที่ 1 อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าสภาพการระบายน้ำในช่วงน้ำหลากส่วนใหญ่ขึ้นขึ้นกับปริมาณน้ำท่าเป็นหลักยกเว้นบริเวณใกล้ปากแม่น้ำดังที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษานี้พบว่าเคลื่อนตัวของมวลน้ำในฤดูน้ำหลากจะใช้ระยะทางสั้นกว่ากรณีที่ 1 โดยใช้ระยะทางทั้ง สั้นประมาณ 127 กิโลเมตร โดยมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 เมตร/วินาที อย่างไรก็ตามลักษณะการไหลนี้มีความแตกต่างจากการไหลในสภาพที่ปราศจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งการเคลื่อนที่ของมวลน้ำจากทั้งสองสภาพการไหลใช้เวลาประมาณ 3.0 วัน

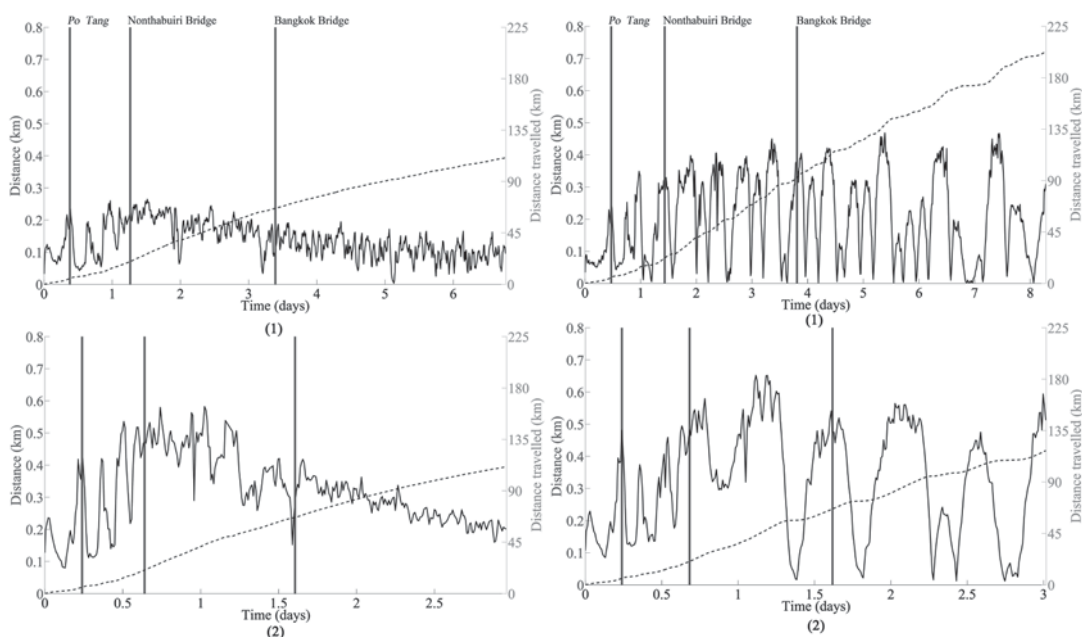


รูปที่ 2 เปรียบเทียบระดับน้ำคำนวณจากแบบจำลอง FVCOM และระดับน้ำตรวจวัดโดยกรมชลประทานที่สถานี CPY13 (บน) และ CPY14 (ล่าง)

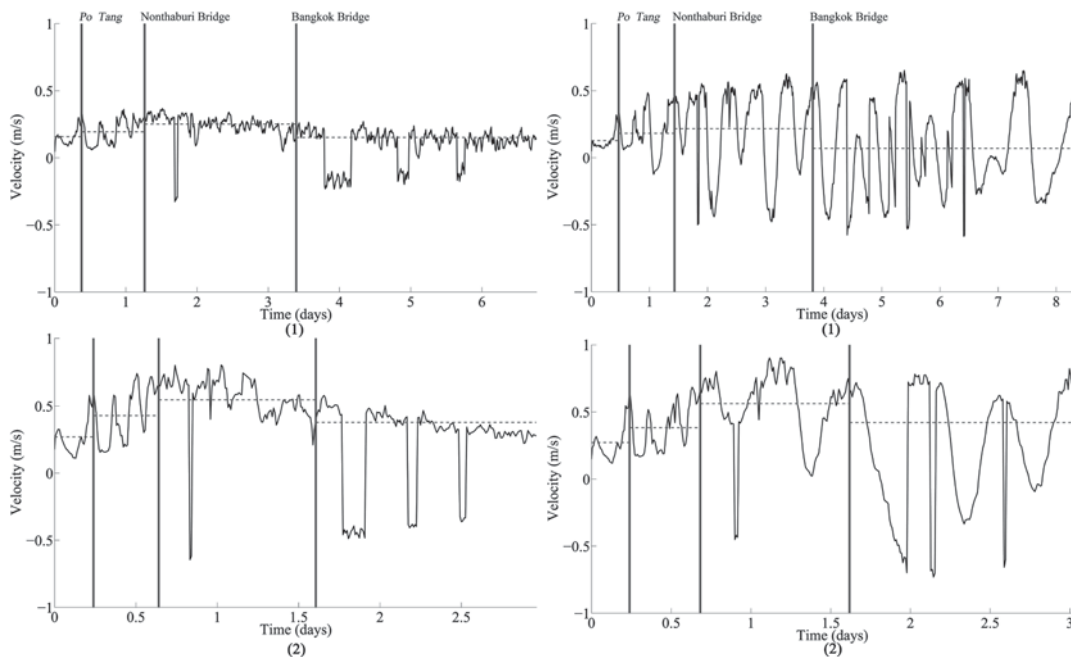


รูปที่ 3 ความชันของผิวอิสระการไหลจากการจำลองสภาพอุทกวิทยาภายใต้สถานการณ์ของปริมาณน้ำท่าและสภาพสมุทรศาสตร์แบบต่างๆ ได้แก่ภาวะน้ำหลากในช่วงน้ำขึ้นสูงสุดและต่ำสุด (HTHD และ LTHD) ภาวะแล้งน้ำในช่วงน้ำขึ้นสูงสุดและต่ำสุด (HTLD และ LTLD)

จากผลการศึกษาที่กล่าวมาทั้งสองกรณี แสดงให้เห็นว่าผลกระทบของปัจจัยทางสมุทรศาสตร์ต่อสภาพการระบายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างจะเกิดขึ้นในช่วงน้ำแล้งมากที่สุด ส่วนในช่วงน้ำหลากจะมีผลกระทบมากในบริเวณลำน้ำบางส่วน บริเวณที่มีผลกระทบน้อยที่สุดคือลำน้ำส่วนบน (ตั้งแต่บริเวณ อ. บางไทรถึงบริเวณ จ.นนทบุรี) และมากที่สุดบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ



รูปที่ 4 ระยะทางในการเคลื่อนตัวของมวลน้ำกรณีสมมติโดยไม่มีอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง (ซ้าย) และสภาพตามธรรมชาติ (ขวา) ในช่วงน้ำแล้ง (1) และช่วงน้ำหลาก (2)



รูปที่ 5 ความเร็วการเคลื่อนตัวของมวลน้ำกรณีสมมุติโดยไม่มีอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง (ซ้าย) และสภาพตามธรรมชาติ (ขวา) ในช่วงน้ำแล้ง (1) และช่วงน้ำหลาก (2)

โดยส่งผลให้การเคลื่อนที่ของน้ำบริเวณตอนบนในช่วงน้ำหลากช้าลงเล็กน้อย ขณะเดียวกันความเร็วในการเคลื่อนตัวของมวลน้ำที่บริเวณใกล้ปากแม่น้ำมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในช่วงน้ำลง กล่าวคือสภาพน้ำลงนั้นสามารถเร่งให้การระบายน้ำหน้าน้ำหลากได้เร็วขึ้น เมื่อเทียบกับการไหลในสภาพที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-น้ำลง

4. สรุป

สภาพอุทกพลศาสตร์ของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างภายใต้อิทธิพลของน้ำท่าและน้ำขึ้น น้ำลงจากทะเลอ่าวไทยในช่วงฤดูน้ำแล้งและน้ำหลากของปี พ.ศ. 2555 ถูกจำลองขึ้นโดยใช้แบบจำลอง FVCOM ผลการศึกษาพบว่าพิสัยของน้ำขึ้น-น้ำลง และระดับน้ำเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด ด้วยค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ สภาพอุทกวิทยาในลำน้ำเปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำท่าและสภาพน้ำขึ้นรวมทั้งผลของกระบวนการปฏิสัมพันธ์จากปัจจัยดังกล่าว ทำให้ลำน้ำในแต่ละช่วงฤดูมีพฤติกรรมทางอุทกวิทยาที่แตกต่างกันซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ ได้แก่ สภาพอุทกวิทยาในลำน้ำของพื้นที่ศึกษาถูกควบคุมโดยสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงเป็นหลัก (river-dominated regime) มีลักษณะโดยรวมคือระดับน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงในรอบวันเช่นเดียวกับระดับน้ำในอ่าวไทยแต่ค่าพิสัยน้ำมีขนาดลดลงตามระยะห่างจากปากแม่น้ำ ส่วนทิศทางการไหลและความเร็วของกระแสน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพของความชันของผิวหน้าน้ำอันเกิดจากน้ำขึ้น-น้ำลง และกระแสน้ำช่วงน้ำลงมีความเร็วมากกว่าช่วงน้ำขึ้น

อีกกรณีคือ สภาพอุทกวิทยาในลำน้ำของพื้นที่ศึกษาถูกควบคุมโดยน้ำท่า (river-dominated regime) มีลักษณะโดยรวมคือระดับน้ำปานกลางในลำน้ำตอนบน (บางไทร สามโคก ปากเกร็ด) ยกกระดับสูงขึ้นมากแต่พิสัยของน้ำจะแคบลง ส่วนบริเวณใกล้ปากแม่น้ำนั้นระดับน้ำได้รับผลกระทบเล็กน้อย กระแสน้ำบริเวณตอนกลางและบนของลำน้ำ (เหนือท่าเรือกรุงเทพขึ้นไปจนถึงอำเภอบางไทร) มีทิศทางไหลสู่ปากแม่น้ำเพียงทิศทางเดียวโดยที่บริเวณตอนบนสภาพการระบายน้ำไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำขึ้น-น้ำลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนบริเวณใกล้ปากแม่น้ำมีสภาพของทิศทางการไหลเปลี่ยนแปลงตามรอบน้ำขึ้น-น้ำลง แต่ความเร็วของกระแสน้ำทั้งสองช่วงเวลามีแนวโน้มสูงขึ้น มากกว่าสภาพการไหลที่ไม่มีอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงในลำน้ำที่นำมาเปรียบเทียบ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม สำหรับความอนุเคราะห์ข้อมูลที่ยังสำรวจความลึกของแม่น้ำเจ้าพระยา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำหรับข้อมูลระดับน้ำและปริมาณน้ำท่าตรวจวัด และขอขอบคุณศาสตราจารย์ Changsheng Chen แห่ง UMASD-WHOI สำหรับแบบจำลอง FVCOM

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Vongvisessomjai and P. Chatanantavet, “Analytical model of interaction of tide and river flow” ,Songklanakarin J.Sci. Technol, Vol. 28 , No.6, 2006, pp. 1149-1160.
- [2] S. Visutimeteegorn, K. Likitdecharote and, S. Vongvisessomjai, “Effects on the upstream flood inundation caused from the operation of Chao Phraya Dam”, Songklanakarin J. Sci. Technol, Vol. 29 , No. 6, 2007, pp. 1161-1674.
- [3] C. Chen, H. Liu, and R.C. Beardsley, “An Unstructured Grid, Finite-Volume, Three-Dimensional, Primitive Equations Ocean Model: Application to Coastal Ocean and Estuaries”, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Vol. 20, 2003, pp. 159 -186.
- [4] C. Chen , H. Huang , R.C. Beardsley , H. Liu, Q. Xu and G.W. Cowles, Technical Report-06-0602, School of marine Science and Technology, University of Massachusetts-Dartmouth, New Bedford, MA. 2006.