วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 (89 - 103) มกราคม – กุมภาพันธ์ 2550 บทความวิจัย
KKU Engineering Journal Vol. 34 No .1 (89 - 103) January – February 2007

การเปลี่ยนแปลงของแม่น้ำจากการก่อสร้างท่าเรือ อำเภอบ้านแพง นครพนม*

ชัยยุทธ ชินณะราศรี[1] วรรณชัย บุตรทองดี[2] และ สุรไกร บานชื่น[1]

[1] ห้องปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมแหล่งน้ำ (WAREE) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
[2]กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี กระทรวงคมนาคม กรุงเทพฯ 10100
Email: chaiyuth.chi@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและประเมินผลกระทบในแม่น้ำเมื่อมีการก่อสร้างท่าเทียบเรือ ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์กึ่งสองมิติ GSTARS 2.1 ที่สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านข้างหรือการพังทลายของตลิ่งแม่น้ำได้ การศึกษามุ่งเน้นให้เห็นถึงอิทธิพลของการก่อสร้างท่าเทียบเรือ ที่ขวางกั้นหรือเบี่ยงเบนทิศทางการไหลว่ามีผลกระทบมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและการประยุกต์ใช้งานของแบบจำลองคณิตศาสตร์กับงานด้านวิศวกรรมแม่น้ำ โดยเฉพาะงานที่มีข้อมูลภาคสนามที่จำกัด กรณีศึกษาที่เลือกใช้คือ โครงการศึกษาสำรวจและออกแบบเพื่อก่อสร้างท่าเทียบเรือที่แม่น้ำโขง อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม ข้อมูลหน้าตัดขวางของแม่น้ำรวม 19 หน้าตัดขวาง ข้อมูลในคาบ 20 ปีของอัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดในปี พ.ศ.2545 และ ต่ำสุดในปี พ.ศ.2535 จากสถานีวัดน้ำทางด้านท้ายน้ำของโครงการ ผลการศึกษาพบว่าการพัฒนาโครงการฯ ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบรุนแรงต่อการเปลี่ยนแปลงแนวร่องน้ำลึกของแม่น้ำโขง และตลิ่งในบริเวณโครงการและพื้นที่ข้างเคียง นอกจากนี้ยังพบว่าการกัดเซาะตลิ่งมีปริมาณลดลงในบางหน้าตัดอีกด้วย

คำสำคัญ : แบบจำลองคณิตศาสตร์ สัณฐานวิทยาของแม่น้ำ การกัดเซาะและการทับถม ลำน้ำชนิดตะกอนน้ำพา

---

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2549 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2550

Morphological changes of river due to construction of a port at Baan Paeng, Nakorn Panom *

Chaiyuth Chinnarasri[1] Wannachai Butthongdee[2] and Surakai Banchuen[1]

[1]Water Resources Engineering Research Lab. (WAREE), Department of Civil Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140,
[2]Marine Department, Ministry of Transportation, Bangkok 10100

Email: chaiyuth.chi@kmutt.ac.th

ABSTRACT

The purpose of this paper is to analyze fluvial process and evaluate the impact of a port construction on river by using quasi-two-dimensional GSTARS 2.1 that can simulate the lateral change or river bank failure. The study emphasizes the quantitative influence of construction of the port which obstructs or diverts the flow direction. Furthermore, it shows the efficiency and application of the mathematical model on river engineering especially on the cases that have limited data. The selected case study is the project for surveying and the design of a port at the Mekong River, Amphor Baan Paeng, Nakorn Panom Province. The data of 19 river cross-sections, discharge of water, maximum level of water in 2002 and minimum level of water in 1992 with 20 return periods were used. The results show that the port does not severely affects the changing of the thalweg and the bank of the Mekong River at the project location and nearby areas. Moreover, the scouring or failure of river bank was found to be reduced at some river cross-sections.

Keywords : Mathematical model, River morphology, Scour and deposition, Alluvial channel.

* Original manucript submitted: November 13, 2005 and Final manucript received: December 26, 2007

บทนำ

โครงการสำรวจออกแบบเพื่อก่อสร้างท่าเทียบเรือ อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ของ บ้านโพธิ์ไทร ตำบลไผ่ล้อม อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม เป็นท่าเทียบเรือที่มีความสำคัญอย่างยิ่งอีกแห่งของประเทศและภูมิภาคหากได้รับการพัฒนาขึ้น เนื่องจากตั้งอยู่ในจุดยุทธศาสตร์ทางด้านการค้าและคมนาคมที่ดี ตั้งอยู่ตรงข้ามกับท่าเรือทางด้านฝั่ง สปป.ลาว ที่บ้านท่าสะอาด ประมาณ 12 กม.เชื่อมต่อไปยังถนนหมายเลข 13 และหมายเลข 8 ที่เป็นเส้นทางสายสำคัญไปสู่หลักซาวของลาว และ เมืองวินท์ของเวียดนาม แสดงดังรูปที่ 1 และสามารถผ่านไปถึงคุนหมิง ของจีนได้ แต่เนื่องจากท่าเทียบเรือแห่งนี้ตั้งอยู่ริมตลิ่งแม่น้ำโขง ซึ่งเป็นแม่น้ำนานาชาติใช้เป็นพรมแดนระหว่างประเทศที่มันไหลผ่าน ดังนั้นในการที่จะพิจารณาเพื่อผลักดันให้ท่าเทียบเรือแห่งนี้สามารถเกิดขึ้นได้จะต้องคำนึงถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงในแม่น้ำโขงจากการก่อสร้างท่าเทียบเรือเป็นสำคัญด้วย (กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548)

รูปที่ 1 *ที่ตั้งโครงการท่าเทียบเรืออำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม*

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในแม่น้ำธรรมชาตินั้น คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพของลำน้ำที่มีสาเหตุมาจากกระบวนการการกัดเซาะและการทับถมในแม่น้ำ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอย่างรวดเร็วทำให้มีผลกระทบต่อความมั่นคงของตลิ่ง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงได้แก่ ลักษณะเฉพาะของปริมาณน้ำในแม่น้ำ ลักษณะเฉพาะของตะกอน และลักษณะเฉพาะของดินและน้ำใต้ดินริมตลิ่ง นอกจากนี้แล้วถ้าหากมีสิ่งกีดขวางการไหลที่เกิดจากฝีมือของมนุษย์ เช่น ตอม่อสะพาน หรือ

ท่าเทียบเรือ ก็จะทำให้การไหลเปลี่ยนแปลงไปตามที่ควรเป็นไปอย่างธรรมชาติเดิมแล้ว โดยอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลำน้ำอย่างรุนแรงได้

การที่ท่าเทียบเรืออำเภอบ้านแพงมีส่วนของทางลาด (ramp) ล่วงล้ำเข้าไปในแม่น้ำ จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบที่จะตามจากการเปลี่ยนแปลงในแม่น้ำโขงเป็นพิเศษ เพราะอาจทำให้เกิดการกัดเซาะริมฝั่งแม่น้ำโขง หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวร่องน้ำลึกซึ่งใช้เป็นเส้นแบ่งเขตแดนระหว่างสองประเทศ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาข้อพิพาทระหว่างประเทศตามมาได้ ดังนั้นปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพลำน้ำเมื่อมีสิ่งก่อสร้างขวางกั้นพื้นที่การไหลบางส่วนนี้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสามารถคาดการณ์หรือประเมินให้ได้ เพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในการออกแบบท่าเทียบเรือให้เหมาะสมเพื่อป้องกันปัญหาการเปลี่ยนแปลงลำน้ำดังกล่าว และเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการก่อสร้างท่าเทียบเรือแห่งนี้ขึ้น ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการเลียนแบบ (simulation) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

แบบจำลอง GSTARS 2.1 ได้ถูกพัฒนาสำหรับหน่วยงาน U.S. Bureau of Reclamation โดยเลียนแบบการไหลกึ่งสองมิติแบ่งการไหลออกเป็นท่อย่อยๆ มีการหลากของตะกอนและการแบ่งชั้นท้องน้ำอย่างอิสระในแต่ละท่อการไหล (Yang and Simoes, 2000) แบบจำลองได้ถูกนำไปวิเคราะห์และประเมินการแก้ปัญหาการลดปริมาณการทับถมของตะกอนด้วยตลิ่งหินเทียมที่แม่น้ำ Rhone ตอนบน ในประเทศ สวิสเซอร์แลนด์ (Cellino and Essyad, 2002) ผลการตรวจวัดจากแบบจำลองทางกายภาพได้ยืนยันว่าแบบจำลองนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้ การนำแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้กับกรณีการวิเคราะห์เสถียรภาพของตลิ่งร่วมกับ Modified Bishop Method ในแม่น้ำ Saguenay ประเทศคานาดา ในช่วงก่อนและหลังน้ำท่วม ก็ให้คำตอบสอดคล้องกับการเก็บวัดในสนามด้วยเช่นกัน (Mahdi and Marche ,2003)

สำหรับในประเทศไทย ได้มีการนำแบบจำลอง GSTARS 2.1 มาใช้คำนวณการเปลี่ยนแปลงของแม่น้ำป่าสัก โดยทำการเปรียบเทียบกับแบบจำลอง HEC 6 ซึ่งเป็นแบบจำลองการไหลหนึ่งมิติที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย พบว่าแบบจำลอง GSTARS 2.1 ให้ผลการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดด้านข้างได้ โดยให้ผลเป็นที่น่าพึงพอใจ ในขณะที่แบบจำลอง HEC 6 ไม่สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของตลิ่งได้ (สุรไกร, 2547) นอกจากนี้แล้ว จากการที่แม่น้ำโขงในช่วงที่ทำการศึกษานี้ (ดูรูปที่ 1) มีสัดส่วนความยาวตามเส้นทางการไหลในแม่น้ำต่อระยะห่างระหว่างหุบเขาน้อยกว่า 1.5 จึงจัดเป็นแม่น้ำตรง (straight river) ดังนั้นแบบจำลองการไหลหนึ่งมิติจึงสามารถนำมาใช้งานได้

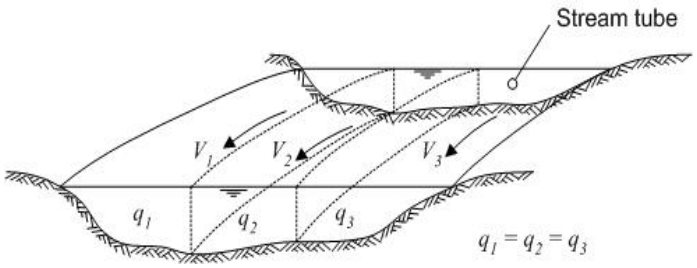
สำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและประเมินผลกระทบในแม่น้ำเมื่อมีการก่อสร้างท่าเทียบเรือ ด้วยแบบจำลอง GSTARS 2.1 โดยมุ่งเน้นให้เห็นถึงอิทธิพลของการก่อสร้างท่าเทียบเรือ ที่ขวางกั้นหรือเบี่ยงเบนทิศทางการไหลว่ามีผลกระทบมากน้อยเพียงใด

ทฤษฎีของแบบจำลอง GSTARS 2.1

แบบจำลอง GSTARS 2.1 อาศัยหลักการสำคัญต่อไปนี้

- ใช้สมการพลังงานและสมการโมเมนตัม สำหรับคำนวณโค้งผิวระดับน้ำด้านข้างทั้งสภาพการไหลแบบใต้วิกฤติและเหนือวิกฤติ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับหน้าตัดลำน้ำเดี่ยวหรือผสมที่มีเกาะแก่งเล็ก ๆ ขวางลำน้ำได้
- แบ่งลำน้ำที่พิจารณาเป็นท่อลำเลียงน้ำ (stream tube) ย่อยๆ โดยการวิเคราะห์ sediment routing และ hydraulic parameters ซึ่งแสดงการผันแปรตามแนวขวางของหน้าตัดในลักษณะ semi–two–dimensional จะทำทีละ stream tube โดยสมมุติให้ไม่มีการไหลข้ามขอบเขต stream tube แต่ยอมให้ตำแหน่งและความกว้าง stream tube เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา การเกิด scour หรือ deposition ซึ่งทำให้รูปหน้าตัดลำน้ำเปลี่ยนแปลงทั้งตามยาวและแนวตั้งจะถูกคำนวณแยกแต่ละ stream tube เริ่มจาก water surface profile
- ใช้หลักการอัตราการสูญสลายของพลังงานน้อยที่สุดหรือ ในรูปแบบอย่างง่ายของ minimum total stream power มาคำนวณความกว้างลำน้ำ กับปรับเปลี่ยนความลึกการไหลแต่ละหน้าตัดตาม time step ขึ้นกับผลของสภาวะ less total stream power
- ใช้หลักการ bank side stability ซึ่งขึ้นอยู่กับ angle of repose of bank materials และ sediment continuity มาวิเคราะห์ปัญหาการกัดเซาะเฉพาะตำแหน่ง

สำหรับการแบ่งท่อการไหลอาศัยสมมุติฐานที่แสดงใน รูปที่ 2 และลักษณะการเปลี่ยนแปลงพลังงานของกระแสน้ำ (stream power) จากความกว้างและระดับท้องน้ำโดยที่อัตราการไหลคงที่ มีรายละเอียดตามคำอธิบาย ดังนี้ อัตราการไหลรวมของลำน้ำเท่ากับผลรวมอัตราการไหลทุก stream tube, ขอบเขตแต่ละ stream tube แบ่งโดยใช้ขอบเขต stream line โดยวิธี imaginary vertical wall, อัตราการไหลมีค่าคงที่ตลอดความยาว stream tube, ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราไหลและปริมาณตะกอนข้ามขอบเขต stream tube และbed sorting และ armoring แต่ละ stream tube เป็นไปตามวิธีการของ Bennett and Nordin (1997)



รูปที่ 2 *แนวคิดการแบ่ง stream tubes*

การทำงานวิเคราะห์ของแบบจำลอง GSTARS 2.1 อยู่ภายใต้สมการควบคุมซึ่งประกอบด้วยสมการอนุรักษ์พลังงานกับสมการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยการแก้สมการพลังงานทำด้วยวิธี Standard step และใช้สมการโมเมนตัมในกรณีเกิด hydraulic jump รายละเอียดของสมการควบคุมแสดงได้ดังต่อไปนี้

สมการพลังงาน
$$Z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + H_t \quad (1)$$

เมื่อ Z คือระดับท้องน้ำ (เมตร, รทก.), Y คือความลึกของน้ำ (เมตร), V คือ ความเร็วการไหล (เมตร/วินาที), α คือสัมประสิทธิ์การกระจายความเร็ว, H_t คือการสูญเสียพลังงานรวมหาได้จากผลรวมของการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน และการสูญเสียเฉพาะแห่ง (เมตร), g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (เมตร/วินาที^{2}) และตัวห้อย 1 และ 2 แสดงถึงหน้าตัด 1 และ 2 ตามลำดับ

สมการโมเมนตัม
$$\frac{Q\gamma}{g}(\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1) = p_1 A_1 - p_2 A_2 + W_g \sin\theta - F_r \quad (2)$$

เมื่อ Q คืออัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที), γ คือน้ำหนักจำเพาะของน้ำ (นิวตัน/ลูกบาศก์เมตร), β คือสัมประสิทธิ์โมเมนตัม, p คือความดันที่กระทำบนหน้าตัด (นิวตัน/ตารางเมตร), A คือพื้นที่ภาคตัดขวางของการไหล (ตารางเมตร), W_g คือน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในหน้าตัด 1 และ 2 (นิวตัน), θ คือมุมของความลาดเอียงของหน้าตัด และ F_r คือแรงเสียดทานรวมภายนอกที่กระทำตามขอบเขตของช่องทางน้ำ

สำหรับการคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอน ในแบบจำลอง GSTARS 2.1 ได้ใช้กฎการอนุรักษ์ของมวลตะกอน (conservation of mass of sediment) ซึ่งเป็นการคำนวณแบบ 1 มิติแบบไม่คงมั่น (one–dimensional unsteady flow) เขียนได้ดังนี้

$$\frac{\partial Q_s}{\partial x} + \eta \frac{\partial A_d}{\partial t} + \frac{\partial A_s}{\partial t} - q_s = 0 \quad (3)$$

เมื่อ Q_s คืออัตราไหลของตะกอน (ลูกบาศก์เมตร/วินาที), η คือปริมาตรของตะกอนในหนึ่งหน่วยปริมาตรชั้นท้องน้ำ, A_d คือปริมาตรของตะกอนท้องน้ำต่อหน่วยความยาว (ลูกบาศก์เมตร), A_s คือปริมาตรของตะกอนในการแขวนลอยที่หน้าตัดต่อหน่วยความยาว (ลูกบาศก์เมตร) และ q_s คือการไหลเข้าของตะกอนด้านข้าง (ลูกบาศก์เมตร/วินาที/เมตร)

ในแบบจำลอง GSTARS 2.1 มีสมการคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอนสำหรับวัสดุไม่มีแรงยึดเหนี่ยว (cohesionless material) ให้เลือกได้รวม 12 สมการ ในที่นี้จะกล่าวสมการของ Laursen (1958) ซึ่งให้ผลการคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอนที่แม่นยำสำหรับแม่น้ำป่าสัก (สุรไกร, 2547) โดยสมการสามารถเขียนได้ดังนี้ (Laursen, 1958)

$$C_t = 0.01\gamma \sum_i p_i \left(\frac{d_i}{h}\right)^{7/6} \left(\frac{\tau'}{\tau_c} - 1\right) f\left(\frac{U^*}{\omega_i}\right) \quad (4)$$

เมื่อ C_t คือความเข้มข้นของตะกอนเป็นน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร, $U^* = \sqrt{ghS}$, h คือความลึกเฉลี่ยการไหล, S คือความลาดเอียงของท้องน้ำ (ไม่มีหน่วย), p_i คือเปอร์เซ็นต์ของวัสดุที่มีอยู่ในส่วน i , ω_i คือความเร็วในการตกลงสู่พื้น (เมตร/วินาที) ของอนุภาคขนาดเฉลี่ย d_i , τ คือความเค้นเฉือน (นิวตัน/ตารางเมตร) และตัวห้อย c แสดงถึงสภาวะวิกฤติของความเค้นเฉือนที่ทำให้อนุภาคเริ่มเคลื่อนที่

ขั้นตอนการศึกษา

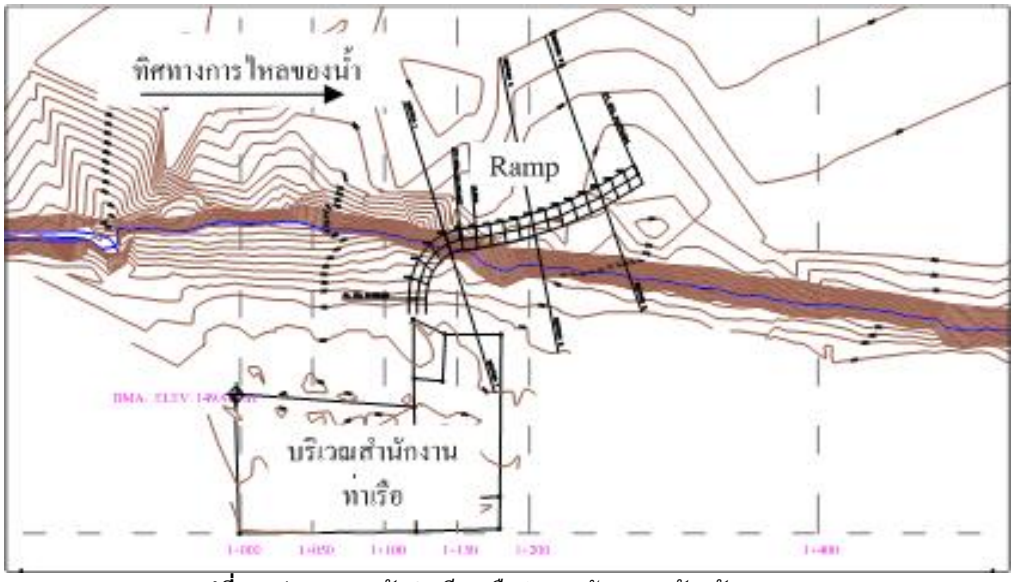
การศึกษาผลกระทบทางชลศาสตร์ของโครงการฯ เป็นการตรวจสอบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับขนาดและลักษณะผลกระทบที่การพัฒนาท่าเทียบเรืออำเภอบ้านแพง มีต่อแม่น้ำโขงในด้านการกัดเซาะตลิ่ง การตกตะกอน และการเปลี่ยนแปลงแนวร่องน้ำ ซึ่งทั้งหมดนี้แสดงจากผลเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงของรูปหน้าตัดการไหล ทั้งนี้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแม่น้ำอย่างรวดเร็วต่อเสถียรภาพของตลิ่งไม่ถูกนำมาพิจารณาในแบบจำลองนี้ แต่ในขั้นตอนการออกแบบก่อสร้างได้มีการออกแบบให้ตลิ่งมีความมั่นคงแข็งแรงและระบายน้ำเพื่อลดแรงแรงดันน้ำในตลิ่งด้วย ดังนั้นการศึกษาในเรื่องของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงทางน้ำจึงแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ (1) กรณีไม่มีการพัฒนาท่าเทียบเรือสำหรับใช้เป็นกรณีเปรียบเทียบ และ (2) กรณีมีการพัฒนาท่าเรือ ทั้งนี้การศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบทางชลศาสตร์ดังกล่าวมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

- รวบรวมข้อมูลชลศาสตร์แม่น้ำโขงที่หน่วยงานต่างๆ ของแม่น้ำโขงบริเวณโครงการฯ และบริเวณใกล้เคียงที่จำเป็นในการวิเคราะห์ เช่น ข้อมูลแผนที่แม่น้ำโขง ข้อมูลระดับน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลปริมาณตะกอน ฯลฯ
- สำรวจข้อมูลแม่น้ำโขงภาคสนาม ได้แก่ ความลึกพื้นท้องน้ำ รูปหน้าตัดการไหล ความเร็วกระแสน้ำ ขนาดวัสดุท้องน้ำ และความลาดชลศาสตร์
- ทำการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ และค่าคงที่ ต่างๆที่ต้องการสำหรับแบบจำลอง โดยปรับเทียบกับข้อมูลระดับน้ำภายในขอบเขตพื้นที่ศึกษา แต่เนื่องจากบริเวณที่ตั้งโครงการฯ มีสถานีวัดน้ำเพียงแค่สถานีเดียวคือ สถานีปากห้วยลังกา ห่างออกไปทางด้านท้ายน้ำประมาณ 15 กิโลเมตร ซึ่งไม่เพียงพอต่อการปรับเทียบแบบจำลองที่ต้องใช้ข้อมูลระดับน้ำอย่างน้อยสองแห่ง ดังนั้นการประเมินสัมประสิทธิ์และค่าคงที่ ที่จำเป็นต่อแบบจำลอง จึงใช้วิธีการประเมินทางอ้อมซึ่งมีแนวคิดหลักการที่น่าเชื่อถือ
- วิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปหน้าตัดการไหล (ลักษณะการกัดเซาะ การตกตะกอนและการเปลี่ยนแปลงแนวร่องน้ำ) กรณีไม่มีการพัฒนาท่าเทียบเรือสำหรับใช้เป็นกรณีฐานเปรียบเทียบ กับกรณีมีการพัฒนาท่าเทียบเรือ

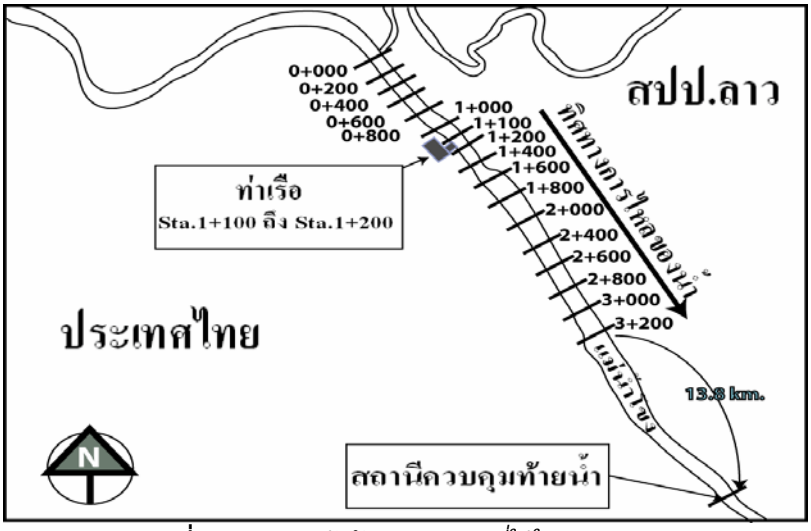
การนำเข้าข้อมูลและวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง

การนำเข้าข้อมูลและวิเคราะห์ของแบบจำลอง มีรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

- ป้อนข้อมูล geometry data ของรูปหน้าตัดที่เป็นผลจากการสำรวจ ได้แก่ elevation and water surface elevation ตามความยาวและ cross section ของลำน้ำ สำหรับหน้าตัดที่ใช้ในการนำเข้าแบบจำลองมีทั้งสิ้น 19 หน้าตัด คือ Sta.0+000 ถึงหน้าตัดสถานีปากห้วยลังกา ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 แต่ผลการวิเคราะห์จะพิจารณาเพียง 17 หน้าตัด เพราะหน้าตัดแรก (Sta. 0+000) และหน้าตัดสุดท้าย (สถานีปากห้วยลังกา) ไม่สามารถให้ผลการคำนวณที่เชื่อถือ เนื่องเป็นผลมาจากขีดจำกัดของแบบจำลอง ที่การคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำในหน้าตัดขวางหนึ่งๆจะต้องอาศัยการถ่วงน้ำหนักของความสัมพันธ์ของสามหน้าตัดขวาง และตามหลักการของวิธี Finite Difference คือ หน้าตัดที่พิจารณา, หน้าตัดด้านเหนือน้ำของหน้าตัดที่พิจารณา และหน้าตัดด้านท้ายน้ำของหน้าตัดที่พิจารณา ซึ่งในหน้าตัดแรก (Sta. 0+000) และหน้าตัดสุดท้าย (สถานีปากห้วยลังกา) จะมีเพียงสองหน้าตัดเท่านั้นที่นำมาคำนวณจึงทำให้ความคาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ในส่วนนี้ ดังนั้นจึงพิจารณาผลเพียงหน้าตัดที่ Sta.0+200 ถึง Sta.3+200



รูปที่ 3 *รูปแบบแผนผังท่าเทียบเรืออำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม*



รูปที่ 4 *ตำแหน่งหน้าตัดและขอบเขตที่ใช้ในแบบจำลอง*

- ป้อนค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบผิว โดยในที่นี้ใช้ Manning's n ซึ่งในปกติแล้วจะต้องมีการปรับแก้แบบจำลอง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบผิวนี้ของแม่น้ำที่ถูกต้อง โดยตรวจสอบผลการคำนวณระดับน้ำของแบบจำลองกับข้อมูลการวัดจริงที่สถานีวัดน้ำอย่างน้อยหนึ่งสถานี (ไม่รวมกับสถานีที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้า) ภายในช่วงแม่น้ำที่ศึกษา แต่เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของโครงการฯในครั้งนี้มีสถานีวัดน้ำที่ใกล้เคียงเพียงหนึ่งแห่ง คือ สถานีวัดน้ำปากห้วยลังกา ห่างออกไปทางด้านท้ายน้ำประมาณ 13.8 กม. และได้ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง ดังนั้นจึงไม่สามารถปรับแก้แบบจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบผิวได้โดยตรง ซึ่งต้องแก้ปัญหาโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบผิวโดยวิธีการทางอ้อมที่มีเหตุผลน่าเชื่อถือ คือ วิธีของโดยวิธีของ SCS และเปรียบเทียบจากผลการศึกษาที่ผ่านๆมา ปรากฏว่าค่าที่ได้จากการประเมิน คือ n = 0.035 ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาอื่นๆที่ผ่านมาในแม่น้ำโขง
- กำหนดจำนวน stream tube ที่ใช้ในการคำนวน ซึ่งสามารถเลือกใช้คำนวณได้ตั้งแต่ 1-5 tube สำหรับการศึกษาในครั้งนี้กำหนดเลือกใช้ 5 tube
- ป้อนข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำ ในปี 2545 ที่เป็นปีที่มีน้ำมากสูงสุดในรอบ 20 ปี ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือมีผลกระทบต่อแม่น้ำมากที่สุดโดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนมาวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังจะทำการวิเคราะห์ในปีที่มีระดับน้ำต่ำสุดคือ ปี 2535 เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอีกด้วย ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำดังตารางที่ 1
- ป้อนข้อมูลปริมาณตะกอนรวม ที่ไหลเข้าแม่น้ำช่วงที่ศึกษา ซึ่งมีความสอดคล้องกับอัตราการไหลของน้ำ ปริมาณตะกอนที่ใช้ในแบบจำลอง เป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับปริมาณตะกอนที่พบว่าที่ค่าสหสัมพันธ์ 0.986 สามารถแทนได้ด้วยสมการ $S = 4.0\text{x}10^{-4} Q^{1.769}$ เมื่อ S คืออัตราการลำเลียงตะกอนรวม (พันตัน/เดือน) และ Q คืออัตราการไหลของน้ำ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

เดือน	อัตราการไหล (ลบม./วินาที)		ระดับน้ำ (เมตร, รทก.)	
	ปี 2545	ปี 2535	ปี 2545	ปี 2535
มกราคม	6,326	5,080	138.53	138.06
กุมภาพันธ์	5,627	4,399	138.08	137.65
มีนาคม	5,344	4,054	137.83	137.44
เมษายน	5,510	3,983	137.94	137.40
พฤษภาคม	7,080	4,090	139.09	137.46
มิถุนายน	11,776	6,618	142.10	138.98
กรกฎาคม	18,864	10,930	145.89	141.57
สิงหาคม	22,434	12,674	147.41	142.61
กันยายน	18,086	11,616	145.42	141.98
ตุลาคม	11,500	9,382	141.80	140.64
พฤศจิกายน	8,872	7,066	140.20	139.25
ธันวาคม	7,747	5,293	139.56	138.19

ตารางที่ 1 *ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุด-ต่ำสุดในรอบ 20 ปี*

- ป้อนข้อมูลการกระจายขนาดตะกอนวัสดุท้องน้ำ สำหรับการแบ่งชั้นขนาดของตะกอนของแบบจำลอง GSTARS 2.1 ในการศึกษาครั้งนี้ใช้จำนวน 5 size class โดยแบ่งช่วงตามสมการในคู่มือ GSTARS 2.1 พบว่าขนาดตะกอนวัสดุท้องน้ำต่ำสุด 0.07 ม.ม. และสูงสุด 10 ม.ม. โดยมีขนาดตะกอนส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 73 อยู่ในช่วง 0.188-0.51 ม.ม. ดังแสดงขนาดตะกอนวัสดุท้องน้ำแม่น้ำโขงในตารางที่ 2

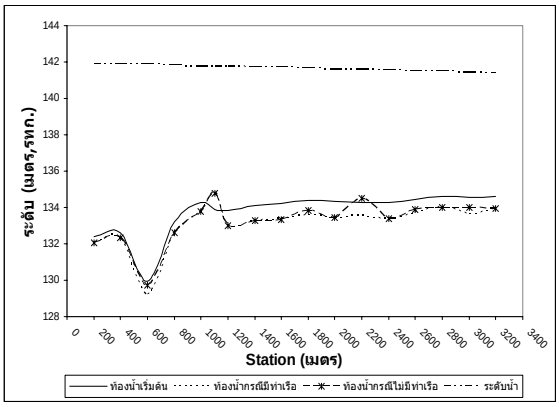
ช่วงขนาดตะกอนวัสดุท้องน้ำ		ร้อยละขนาดของตะกอนที่ตกค้างในแต่ละช่วง
D_{min} (ม.ม.)	D_{max} (ม.ม.)	
0.07	0.188	14
0.188	0.51	73
0.51	1.37	9
1.37	3.7	3
3.7	10	1

ตารางที่ 2 *ขนาดตะกอนวัสดุท้องน้ำแม่น้ำโขง*

- กำหนดสมการการพัดพาตะกอน (sediment transport equation) ซึ่งในที่นี้ใช้สมการของ Laursen (1958) ในการคำนวณเนื่องจากผลการศึกษาที่ผ่านมาในอดีตของแบบจำลองพบว่าให้ผลการคำนวณที่น่าเชื่อถือ
- ทำการปฏิบัติการโปรแกรม GSTARS 2.1 ในกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงรูปหน้าตัดเนื่องจากข้อมูลน้ำในปีที่พิจารณา (ข้อมูลน้ำสูงสุดปี 2545 ต่ำสุดปี 2535)
- กรณีที่มีการพัฒนาโครงการก่อสร้างท่าเทียบเรือ ทำการปรับแก้ข้อมูล geometry รูปหน้าตัดแม่น้ำโขงบริเวณที่ตั้งโครงการตามแบบก่อสร้าง ซึ่งในที่นี้คือบริเวณหน้าตัดที่ Sta.1+100 และ Sta.1+200 จากนั้นทำการวิเคราะห์อีกครั้งด้วยข้อมูลน้ำปีที่พิจารณาเช่นกัน เพื่อพิจารณาลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปหน้าตัดแม่น้ำโขงเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯซึ่งเป็นกรณีพื้นฐาน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบ

จากการคำนวณด้วยแบบจำลอง GSTARS 2.1 ทำให้ได้ผลของระดับผิวน้ำ ระดับท้องน้ำ และตำแหน่งของตลิ่ง ในกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการ และกรณีมีการพัฒนาโครงการ (สร้างท่าเรือ) ทำให้สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของหน้าตัดแม่น้ำโขงได้ ดังแสดงในรูปที่ 5 สำหรับรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงแต่ละหน้าตัด แสดงดังหัวข้อย่อยต่อไปนี้



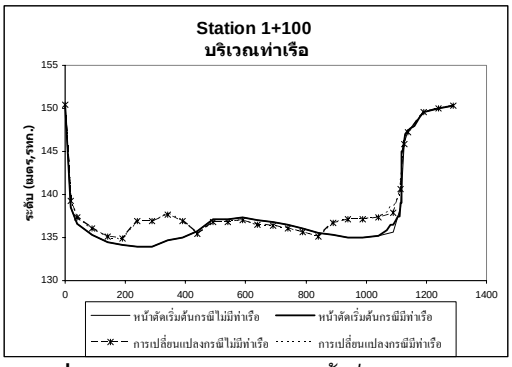
รูปที่ 5 *การเปลี่ยนแปลงระดับผิวน้ำและระดับท้องน้ำ*
(ตำแหน่งของท่าเรืออยู่ระหว่าง Station 1100 – 1200 เมตร)

กรณีไม่มีการพัฒนาโครงการท่าเรือ

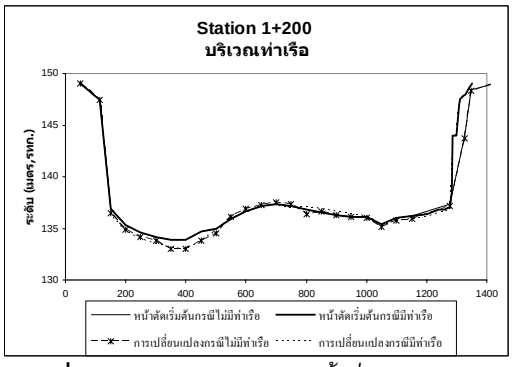
จากการวิเคราะห์ถึงแม้ไม่มีการพัฒนาโครงการท่าเรือ เมื่อใช้ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำปี 2545 ซึ่งเป็นปีที่ลักษณะการไหลในแม่น้ำโขง (ปริมาณน้ำ ระดับน้ำ ฯลฯ) มีปริมาณมากที่สุดในรอบ 20

ปี พบการเปลี่ยนแปลงรูปหน้าตัดที่สำคัญ ดังนี้คือ บริเวณหน้าตัด Sta.0+200 มีตะกอนทับถมทั้งทางด้านฝั่ง สปป.ลาว และ ไทย ประมาณ 1 เมตร ยกเว้นบริเวณร่องน้ำลึกไม่มีการเปลี่ยนแปลง บริเวณหน้าตัด Sta.0+200 ถึง Sta.0+800 มีการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดไม่มากนัก จึงไม่มีผลให้แนวร่องน้ำลึกเปลี่ยนแปลง บริเวณหน้าตัด Sta.1+000 มีการกัดเซาะทางด้านฝั่ง สปป.ลาว และมาทับถมทางด้านฝั่งไทย ประมาณ 1 เมตร บริเวณกลางแม่น้ำ บริเวณหน้าตัด Sta.1+100 (ที่ตั้งโครงการฯด้านเหนือน้ำ) มีการทับถมของตะกอนใกล้ฝั่งทั้งของ สปป.ลาว และ ไทย สูงประมาณ 2.5 ถึง 3 เมตร แสดงดังรูปที่ 6

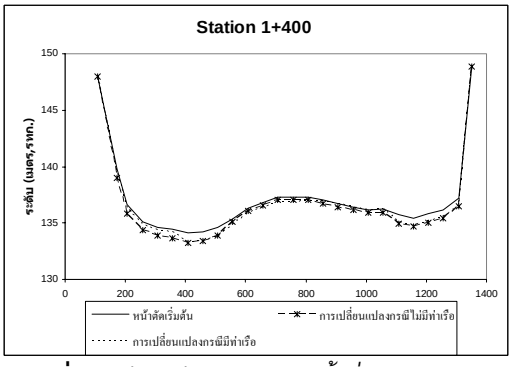
บริเวณหน้าตัด Sta.1+200 (ที่ตั้งโครงการฯ) มีการกัดเซาะทางด้านฝั่ง สปป.ลาว ประมาณ 0.90 เมตร แต่แนวร่องน้ำลึกไม่เปลี่ยนแปลง แสดงดังรูปที่ 7 บริเวณหน้าตัด Sta.1+400 ถึง 2+400 มีการกัดเซาะทั้งสองฝั่งทั้ง สปป. ลาว และ ไทย ประมาณ 0.50 ถึง 1 เมตร ยกเว้นกลางแม่น้ำไม่มีการกัดเซาะหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ตัวอย่างหน้าตัดที่ Sta.1+400 แสดงดังรูปที่ 8 บริเวณหน้าตัด Sta.2+600 มีการกัดเซาะช่วงกลางแม่น้ำ 1 เมตร และไปทับถมใกล้ตลิ่งทางด้าน สปป.ลาว ประมาณ 2.50 เมตร และทับถมใกล้ตลิ่งฝั่งไทย ประมาณ 1 เมตร บริเวณหน้าตัด Sta. 2+800 ถึง 3+000 มีการกัดเซาะทั้งสองทั้งฝั่ง สปป.ลาว และฝั่งไทย ประมาณ 0.50 ถึง 1 เมตรแสดงดังรูปที่ 9 บริเวณหน้าตัด Sta. 3+200 มีการกัดเซาะฝั่ง สปป.ลาว ประมาณ 0.60 เมตร และมีการกัดเซาะทางด้านฝั่งไทยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



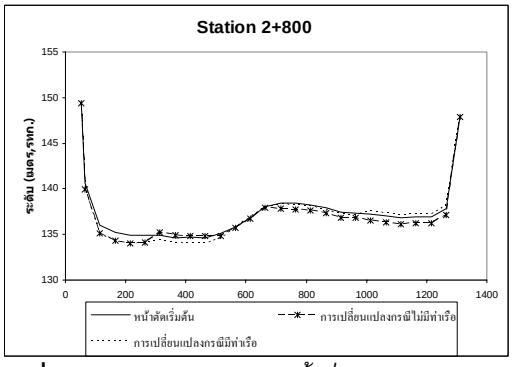
รูปที่ 6 *เปรียบเทียบหน้าตัดแม่น้ำที่ Sta. 1+100 กรณีมีกับไม่มีท่าเรือ*



รูปที่ 7 *เปรียบเทียบหน้าตัดแม่น้ำที่ Sta. 1+200 กรณีมีกับไม่มีท่าเรือ*



รูปที่ 8 *เปรียบเทียบหน้าตัดแม่น้ำที่ Sta. 1+400 กรณีมีกับไม่มีท่าเรือ*



รูปที่ 9 *เปรียบเทียบหน้าตัดแม่น้ำที่ Sta. 2+800 กรณีมีกับไม่มีท่าเรือ*

กรณีมีการพัฒนาโครงการท่าเรือ

วิเคราะห์โดยการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดที่ Sta.1+100 และ Sta.1+200 ให้สอดคล้องกับรูปแบบท่าเทียบเรือ และคิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากโครงสร้างสิ่งกีดขวาง และใช้ข้อมูลทางด้านน้ำและตะกอนเดียวกันกับกรณีที่ไม่มีการพัฒนาโครงการ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีดังนี้ บริเวณหน้าตัด Sta.0+200 ถึง Sta.1+000 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลง เหมือนกับการวิเคราะห์ในกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯทุกประการ เนื่องจากโครงการฯมีขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับพื้นที่ภาคตัดขวางของการไหลในแม่น้ำโขงในช่วงความยาวที่พิจารณา ดังนั้นการพัฒนาโครงการฯจึงไม่มีอิทธิพลหรือส่งผลกระทบต่อหน้าตัดทางด้านเหนือน้ำทั้งหมดของโครงการฯแต่อย่างใด แม้ว่าปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าสู่โครงการจะเพิ่มมากขึ้นอีกร้อยละ 20 ก็ตาม

สำหรับบริเวณหน้าตัด Sta.1+100 (ที่ตั้งโครงการฯด้านเหนือน้ำ) มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างจากกรณี ไม่มีการพัฒนาโครงการฯเพียงเล็กน้อย โดยมีการทับถมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามลักษณะของรูปแบบท่าเทียบเรือ แสดงดังรูปที่ 6 บริเวณหน้าตัด Sta.1+200 (ที่ตั้งโครงการฯ) ทางด้านฝั่งไทยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่นเดียวกับกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯแต่มีการกัดเซาะทางด้านฝั่ง สปป.ลาว เพิ่มขึ้นจาก กรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯบริเวณใกล้สิ่งประมาณ 0.20 เมตร แสดงดังรูปที่ 7 บริเวณหน้าตัด Sta.1+400 มีการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดโดยรวมเช่นเดียวกับกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯ ยกเว้นทางด้านฝั่ง สปป.ลาว ทำให้เกิดการกัดเซาะลดน้อยลงกว่ากรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯ ประมาณ 0.20 เมตร แสดงดังรูปที่ 8

บริเวณหน้าตัด Sta.1+600 ถึง Sta.1+800 มีลักษณะการเปลี่ยนแปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯ หรือไม่มีความแตกต่างกันมากนัก บริเวณหน้าตัด Sta.2+000 มีกัดกัดเซาะทางด้านฝั่งไทย ประมาณ 1 เมตร และไปทับถมใกล้สิ่งทางด้านฝั่ง สปป.ลาว เล็กน้อย บริเวณหน้าตัด Sta.2+200 ทำให้ไม่เกิดการกัดเซาะเหมือนกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯ ทางด้านฝั่ง สปป.ลาว ส่วนฝั่งไทยยังคงมีการกัดเซาะเช่นเดียวกันกับกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯ บริเวณหน้าตัด Sta.2+400 มีลักษณะส่วนใหญ่เหมือนกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯ แต่มีการกัดเซาะที่น้อยกว่าเล็กน้อยทางด้านฝั่งไทย บริเวณหน้าตัด Sta.2+600 ทำให้ไม่เกิดการทับถมของตะกอนของทั้งสองฝั่งแม่น้ำเหมือนกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯ แต่บริเวณส่วนกลางแม่น้ำยังคงมีการกัดเซาะเหมือนเดิม บริเวณหน้าตัด Sta.2+800 ทำให้ไม่เกิดการกัดเซาะทางด้านฝั่งไทย แสดงดังรูปที่9 บริเวณหน้าตัด Sta.3+000 ทำให้การกัดเซาะทางด้านฝั่ง สปป.ลาว ลดลง บริเวณหน้าตัด Sta.3+200 มีการกัดเซาะเหมือนกรณีไม่มีการพัฒนาโครงการฯ

วิจารณ์ผลการศึกษา

การก่อสร้างโครงการท่าเทียบเรือนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับกรณีพื้นฐานที่ไม่มีการพัฒนาโครงการฯแล้ว จากการเปรียบเทียบผลการศึกษาพบว่า การพัฒนาโครงการฯไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อ

การเปลี่ยนแปลงแนวร่องน้ำของแม่น้ำโขงและตลิ่ง บริเวณโครงการและรัศมีโดยรอบไปจากกรณีพื้นฐานจนให้เกิดความเสียหายและผลกระทบที่รุนแรงแต่อย่างใด และในบางหน้าตัดโครงสร้างท่าเทียบเรือยังช่วยป้องกัน ทำให้เกิดการกัดเซาะลดลงได้อีกด้วยคือ หน้าตัดที่ Sta.1+400 (แสดงดังรูปที่ 8), Sta.2+400, Sta.2+800 (แสดงดังรูปที่9) และ Sta.3+000

ในส่วนของหน้าตัดอื่นส่วนใหญ่มีการกัดเซาะและทับถมไม่แตกต่างจากกรณีที่ไม่มีการพัฒนาโครงการฯมากนัก และเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในกรณีที่มีการพัฒนาโครงการฯและในกรณีที่ไม่มีการพัฒนาโครงการฯ ส่วนใหญ่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงในการด้านการกัดเซาะ จึงไม่น่าที่จะมีปัญหาในเรื่องของการเกิดตะกอนทับถมจนทำให้แม่น้ำตื่นเขินจนไม่สามารถเดินเรือได้ แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในปีนั้นๆด้วยว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใดด้วย เนื่องจากการวิเคราะห์ในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำหลากสูงสุดในรอบ 20 ปี มาประเมินเพื่อให้เห็นผลกระทบในกรณีที่มีปริมาณน้ำมากและอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและความเสียหายได้มากที่สุดเพื่อเป็นแนวทางในการหาวิธีการป้องกันต่อไป

ในส่วนของระดับน้ำนั้นกรณีที่มีการพัฒนาโครงการฯ ไม่มีผลต่อการที่จะทำให้น้ำขึ้นหรือลดลงจากที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติแต่อย่างใด ทั้งนี้เป็นเพราะแม่น้ำโขงเป็นแม่น้ำที่มีความกว้างมาก การเพิ่ม หรือ ลดขนาดหน้าตัดลำน้ำบริเวณโครงการฯ จึงมีอัตราส่วนที่เล็กเมื่อเทียบกับความกว้างของแม่น้ำ จึงไม่มีอิทธิพลในการกีดขวางประสิทธิภาพการไหลของกระแสน้ำมากนัก สำหรับการวิเคราะห์ในกรณีที่มีปริมาณน้ำที่ต่ำๆ ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดการทับถมของตะกอนขึ้นได้นั้น ได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลในปีที่มีปริมาณน้ำต่ำ คือ ในปี 2535 ซึ่งผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า ในหน้าตัดส่วนหนึ่งมีการกัดเซาะที่ลดน้อยลงกว่าการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลน้ำปี 2545

เมื่อพิจารณาในกรณีที่ไม่มีการพัฒนาโครงการฯ และกรณีที่มีการพัฒนาโครงการฯ ก็ไม่พบว่าการพัฒนาโครงการฯจะส่งผลกระทบหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงไปจากกรณีพื้นฐานที่ไม่มีการพัฒนาโครงการฯแต่อย่างใด และไม่พบว่าจะมีการทับถมของตะกอนในปริมาณมากในบริเวณพื้นที่ศึกษาแต่อย่างใด

สรุปผลการศึกษา

จากการนำแบบจำลอง GSTARS 2.1 มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ลำน้ำซึ่งมีสิ่งกีดขวาง จะเห็นได้ว่ามีประโยชน์และประสิทธิภาพที่ดีในการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ ระดับท้องน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางด้านข้างได้ โดยอาศัยหลักการแบ่งการไหลออกเป็นส่วนๆ ที่มีอัตราการลำเลียงการไหลเท่ากันในแต่ละท่อย่อย ทำให้สามารถพิจารณาการไหลในรูปแบบกึ่งสองมิติ โดยมีการหลากและการแบ่งชั้นของตะกอนอย่างอิสระในแต่ละท่อย่อย จากหลักการดังกล่าวจึงทำให้แบบจำลอง GSTARS 2.1 สามารถแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากการก่อสร้างโครงสร้างต่างๆที่กีดขวางการไหลได้ชัดเจนเป็นอย่างดี

ข้อมูลหลักประกอบไปด้วย ข้อมูลหน้าตัดขวางแม่น้ำรวม 19 หน้าตัดขวาง ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดในปี พ.ศ. 2545 และ ระดับน้ำต่ำสุดในปี พ.ศ. 2535 ในคาบการเกิดซ้ำ 20 ปี จากสถานีวัดน้ำทางด้านท้ายน้ำ การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความหยาบผิว Manning's n ด้วยวิธีของ SCS ได้ค่า n = 0.035 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านๆมาในแม่น้ำโขง การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่มีการพัฒนาโครงการฯ (ก่อสร้างท่าเทียบเรือ) และ กรณีที่ไม่มีการพัฒนาโครงการฯ (ไม่มีการก่อสร้างท่าเทียบเรือ) จากการเปรียบเทียบผลการศึกษาพบว่า การพัฒนาโครงการฯไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงแนวร่องน้ำของแม่น้ำโขง และตลิ่งบริเวณโครงการและรัศมีโดยรอบไปจากกรณีพื้นฐานจนให้เกิดความเสียหายและผลกระทบที่รุนแรงแต่อย่างใด และในบางหน้าตัดโครงสร้างท่าเทียบเรือยังช่วยป้องกัน ทำให้เกิดการกัดเซาะลดลงได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2548. "**โครงการศึกษาสำรวจออกแบบเพื่อก่อสร้างท่าเทียบเรือ อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม**". รายงานฉบับสมบูรณ์. ตุลาคม: 6-1 ถึง 6-15

สุรไกร บานชื่น. 2547. "**การเปรียบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ GSTARS2.1 และ HEC6 สำหรับกระบวนการเปลี่ยนแปลงลำน้ำ**". วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Bennett, J.P. and Nordin, C.F. 1997. "**Simulation of sediment transport and armoring**". Hydraulic Science Bulletin Vol.3.

Cellino, M. and Essyad, K. 2002. "**Reduction of sediment deposition by introducing an artificial stony bank: a practical example in upper Rhone River, Switzerland**". Proc. Int. Conf. Fluvial Hydraulics. Louvain-La-Neuve. Belgium: 951-959.

Laursen, E.M. 1958. "**The total sediment load of streams**". Journal of the Hydraulic Division. ASCE. 84, HY1.

Mahdi, T. and Marche, C. 2003. "**Prediction by numerical modeling of risk zones on a river section undergoing exceptional flooding**". Canadian Journal of Civil Engineering. 30, 3: 568-579.

Yang, C.T. and Simoes, F.J.M. .2000. "**User's manual for GSTARS 2.1 (Generalized Stream Tube Model for Alluvial River Simulation version 2.1)**". U.S. Bureau of Reclamation. Technical Service Center. Denver. Colorado.