

การศึกษาผลกระทบของสิ่งกีดขวางทางน้ำต่อการเกิดน้ำท่วมในลำน้ำ

พงศ์พันธุ์ กาญจนการณ^{1*} ชูโชค อายุพงศ์² สุรัชย์ อำนวยพรเลิศ³ พรมมล เนตรนภากร⁴ วิชัย นามแก้ว⁵

^{1*,3,4,5}หลักสูตรวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย, จังหวัดเชียงราย, ประเทศไทย

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่, ประเทศไทย

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ อีเมล : pongpank@gmail.com

รับต้นฉบับ : 11 ตุลาคม 2564; รับบทความฉบับแก้ไข : 30 ธันวาคม 2564; ตอบรับบทความ : 9 มีนาคม 2565

เผยแพร่ออนไลน์ : 27 มิถุนายน 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของสิ่งกีดขวางทางน้ำเพื่อตรวจสอบว่าสิ่งกีดขวางทำให้เพิ่มของน้ำท่วมในลำน้ำแบบจำลอง HEC-RAS ได้นำมาใช้ในการจำลองการไหลและระดับน้ำกรณีมีและไม่มีสิ่งกีดขวางในลำน้ำ ค่าระดับน้ำและความสูงของตลิ่งถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาระยะทางที่เกิดน้ำท่วมตลอดแนวลำน้ำทั้งสองกรณี จากผลการศึกษาพบว่า ผลกระทบต่อระดับน้ำหน้าสิ่งกีดขวางประเภทฝายและท่อลอดมีความแตกต่างกัน ระดับน้ำหน้าท่อลอดจะต่ำกว่าระดับน้ำหน้าฝายที่อัตราการไหลต่ำ อย่างไรก็ตามเมื่ออัตราการไหลสูงเกินกว่าความจุการไหลของท่อลอด ระดับน้ำหน้าท่อลอดจะมีค่าสูงกว่าเนื่องจากข้อจำกัดของหน้าตัดท่อลอดในการรับการไหลของน้ำ ระยะน้ำท่วมและระดับน้ำตลอดแนวลำน้ำที่อัตราการไหลสูงแสดงให้เห็นว่าระยะน้ำท่วมตลอดแนวลำน้ำลดลงเหลือ 580.6 เมตร จาก 953.4 เมตร เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางการไหล การมีสิ่งกีดขวางทางน้ำจะทำให้ระดับผิวน้ำสูงขึ้นมากกว่าปกติซึ่งทำให้ระยะน้ำท่วมเพิ่มขึ้นไปทางด้านเหนือของสิ่งกีดขวางในขณะที่ไม่มีการท่วมเกิดขึ้นที่บริเวณท้ายน้ำของสิ่งกีดขวาง งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าท่อลอดมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดน้ำท่วมมากกว่าฝายในช่วงเหตุการณ์ฝนตกหนัก

คำสำคัญ : สิ่งกีดขวางทางน้ำ แบบจำลอง HEC-RAS ฝาย ท่อลอด

The Study of the Effect of Channel Obstacles on Stream Flooding

Pongpan Kanjanakaroon^{1*} Chuchoke Aryupong² Surachai Amnuaypornlert³

Pornyamol Natenapakorn⁴ Wichai Namkaew⁵

^{1*,3,4,5}*Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
(Chiang Rai Campus), Chiang Rai, Thailand*

²*Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand*

*Corresponding Author. E-mail address: pongpank@gmail.com

Received: 11 October 2021; Revised: 30 December 2021; Accepted: 9 March 2022

Published online: 27 June 2022

Abstract

The purpose of this research is to study the effect of obstacles across channels to determine if they increase flooding of the stream. The HEC-RAS model was used to simulate water flow and levels with and without obstructions across streams. The level of water and the height of the stream bank were analyzed to determine the distance of flooding along the stream in both cases. The results showed that the effect on the water level in front of the obstacles such as a weir or a culvert is different. The water level in front of the culvert is lower than the water level in front of the weir at low flow. However, when the stream flow exceeds the flow capacity of the culvert, the water level in front of the culvert will be higher due limited by the cross-section of the culvert receiving the water flow. The flood distances and water levels along the stream under high flow show that the flood distances decrease to 580.6 meters from 953.4 meters along the channel when no obstacles restrict the flow. The existence of obstructions in the channel causes the water level to rise higher than usual thus causing the flood distances to increase along the upstream side of the obstruction while flooding does not occur downstream of the obstruction. This research shows that culverts are prone to causing greater flooding than weirs during heavy rainfall events.

Keywords: Channel obstruction, HEC-RAS model, Weir, Culvert

1) บทนำ

ปัจจุบันในเรื่องของน้ำท่วมเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะการท่วมจากน้ำล้นตลิ่ง ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากฝนตกต่อเนื่องเป็นเวลานานจนก่อให้เกิดปริมาณน้ำที่มากไหลลงสู่ลำน้ำจนทำให้ระดับน้ำสูงกว่าตลิ่งส่งผลให้เกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่ลุ่มต่ำหรือชุมชน เกิดความเสียหายต่อพื้นที่ทางเกษตรกรรมและอาคารบ้านเรือน ถ้าน้ำท่วมแม่ไร่ ตำบลแม่ไร่ อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย เป็นพื้นที่ประสบปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [1] ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือภัยน้ำท่วมและดินถล่ม จังหวัดเชียงราย โดยข้อมูลจากการสำรวจพบว่าบริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีสิ่งกีดขวางทางน้ำเป็นจำนวนมาก ประกอบไปด้วยตอม่อสะพาน ฝาย ท่อลอด ตลอดจนเศษวัสดุทั่วไปที่กีดขวางทางน้ำ ทั้งนี้ผลของสิ่งกีดขวางทางน้ำจะทำให้เกิดผลกระทบต่อน้ำในลำน้ำที่เพิ่มสูงมากขึ้น สิ่งกีดขวางประเภทตอม่อสะพานและท่อลอดจะทำให้ทางเข้าของน้ำโดยปกติมีขนาดที่ลดลงส่งผลให้เกิดการเอ่อล้นหน้าทางเข้า สำหรับฝายจะยกระดับน้ำขึ้นซึ่งหากเป็นฝายที่ไม่มีการจัดการที่ดีพอ จะทำให้ระบายน้ำออกไม่ทันกับระดับน้ำที่สูงขึ้นเหนือฝายจนเกินระดับตลิ่ง ปัญหาน้ำท่วมจากสิ่งกีดขวางทางน้ำเหล่านี้ล้วนเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับลำน้ำห้วยแม่ไร่ในปัจจุบัน [2], [3] ซึ่งปริมาณน้ำที่เข้าสู่พื้นที่ดังกล่าวเกิดจากสภาวะฝนตกหนักบนดอยสูงรอบพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณดอยตุง ปริมาณน้ำจากต้นน้ำได้ไหลผ่านพื้นที่รอยต่อระหว่างตำบลแม่ไร่ อำเภอแม่จัน กับ ตำบลห้วยไคร้ อำเภอแม่สาย และไหลเข้าสู่ลำน้ำห้วยแม่ไร่ต่อไป

แนวทางในการแก้ปัญหาเหล่านี้จึงต้องทำการหาระดับน้ำที่เกิดขึ้นเนื่องจากการมีสิ่งกีดขวางทางน้ำเหล่านี้ อย่างไรก็ตามในช่วงที่เกิดอุทกภัย ไม่สามารถที่จะตรวจสอบระดับน้ำที่เกิดขึ้นได้ จึงต้องทำการจำลองเหตุการณ์ดังกล่าวด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่น่าเชื่อถือได้แทน โดยแบบจำลองที่จะนำมาใช้ในการวิจัยนี้คือ แบบจำลอง Hydrologic Engineering Center River Analysis System (HEC-RAS) ซึ่งพัฒนาโดย US Army Corps of Engineers มีความสามารถในการจำลองระบบชลศาสตร์ของการไหลของน้ำผ่านแม่น้ำธรรมชาติและช่องทางอื่น ๆ [4] แบบจำลองดังกล่าวถูกใช้ในการศึกษาและจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกัน อาทิเช่น สมบัติ ชื่นชุกกลิ่น [5] ได้ใช้แบบจำลองดังกล่าวเพื่อวิเคราะห์การไหลหลากของแม่น้ำกับการวางแผนคลองผันน้ำเพื่อลดอุทกภัย กรณีศึกษาแม่น้ำป่าสัก

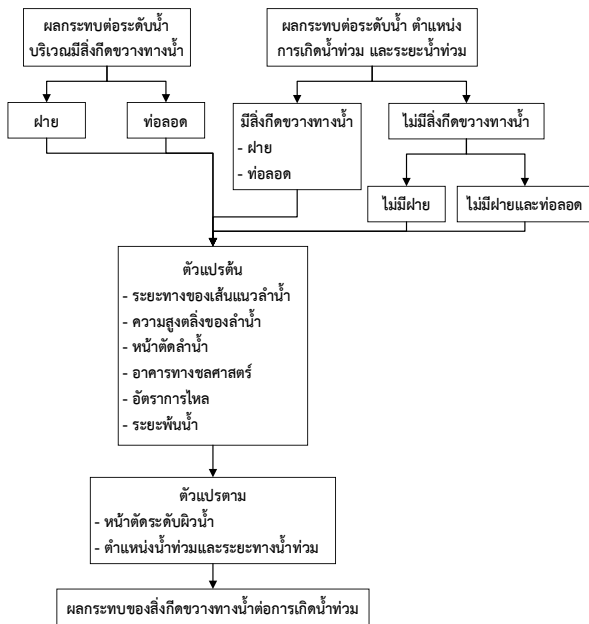
จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อประกอบการวางแผนบรรเทาปัญหาอุทกภัยในท้องที่อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ ผลการใช้แบบจำลอง HEC-RAS ในการหาแนวเส้นทางของคลองผันน้ำที่เหมาะสมแสดงให้เห็นว่า ระดับน้ำท่วมและจำนวนวันน้ำท่วมลดลงเมื่อมีคลองผันน้ำ ทั้งนี้ในการจำลองดังกล่าวไม่มีการพิจารณาหรือมุ่งประเด็นถึงสิ่งกีดขวางทางน้ำที่มีอยู่ในแม่น้ำป่าสัก ปรีวัตร น้ำค้าง [6] ได้ใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์และศึกษาพฤติกรรมการไหลของแม่น้ำแม่กลอง จำลองเหตุการณ์ที่น่าจะเกิดขึ้นในอนาคต จากผลการวิเคราะห์พบว่า แบบจำลองสามารถหาจุดวิกฤตที่เกิดขึ้นในกรณีที่แม่น้ำแม่กลองขาดน้ำได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังไม่ได้มีการจำลองสิ่งกีดขวางทางน้ำลงไปในในการจำลอง

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของระดับน้ำบริเวณสิ่งกีดขวางทางน้ำที่อัตราการไหลแตกต่างกัน และศึกษาผลกระทบของสิ่งกีดขวางทางน้ำต่อระดับน้ำในลำน้ำ ตำแหน่งการเกิดน้ำท่วม และระยะน้ำท่วมตลอดแนวลำน้ำ โดยเลือกใช้ปริมาณน้ำหลากสูงสุดในลำน้ำรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี ซึ่งเป็นค่าแนะนำของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [1] มาใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบกรณีมีและไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ ทั้งนี้จะพิจารณาสิ่งกีดขวางทางน้ำประเภทฝายและท่อลอดเป็นหลักเนื่องจากเป็นโครงสร้างทางชลศาสตร์ที่ติดตั้งถาวรในลำน้ำ ทำการหาระดับน้ำที่เกิดขึ้นทั้งสองกรณีเพื่อนำมาเปรียบเทียบหาตำแหน่งและระยะการเกิดน้ำท่วมตลอดแนวลำน้ำ ผลที่ได้นี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการหาวิธีแก้ไขเบื้องต้นให้กับพื้นที่ประสบปัญหาในอำเภอแม่จันและพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป

2) วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1) กรอบแนวความคิดในงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีกรอบแนวคิด แสดงได้ดังรูปที่ 1 โดยต้องการหาผลกระทบของสิ่งกีดขวางทางน้ำต่อการเกิดน้ำท่วม เริ่มต้นวิเคราะห์โดยทำการแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีศึกษาผลกระทบต่อน้ำที่ที่เกิดขึ้นบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ และกรณีศึกษาระดับน้ำในลำน้ำ ตำแหน่งการเกิดน้ำท่วม และระยะการท่วม โดยมีตัวแปรต้นทั้งสองกรณีคล้ายคลึงกัน จากนั้นจะได้ค่าตัวแปรตามคือหน้าตัดระดับผิวน้ำ ตำแหน่งการเกิดน้ำท่วมและระยะการท่วม โดยกรณีแรกจะวิเคราะห์หน้าตัดระดับผิวน้ำเป็นหลัก กรณีสองจะวิเคราะห์จากตัวแปรตามทั้งสองที่ร่วมกัน



รูปที่ 1 : กรอบแนวคิดในการวิจัย

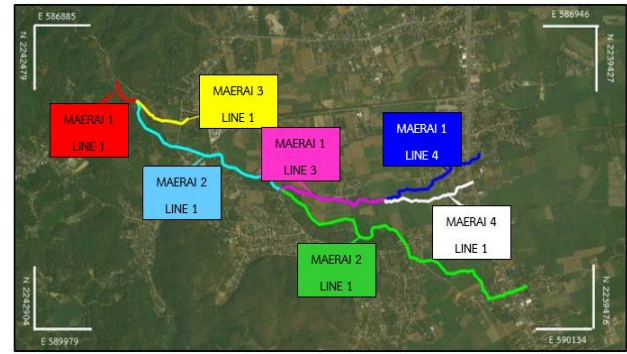
2.2) พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ในการศึกษานี้ได้แก่ลำน้ำห้วยแม่ไร่ อยู่ในพื้นที่ของตำบลแม่ไร่ อำเภอมะจัน จังหวัดเชียงราย เริ่มพิจารณาตั้งแต่บริเวณ N 2242479 E 586885 จนถึง N 2239476 E 590134 โดยลำน้ำในพื้นที่ดังกล่าวประกอบด้วยลำน้ำย่อย 7 สาย ดังแสดงในรูปที่ 2 และมีคุณสมบัติต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งลำน้ำดังกล่าวประกอบด้วยฝายและท่ลอดเป็นจำนวนมาก การเก็บข้อมูลหน้าตัดลำน้ำจะเก็บทุกระยะไม่เกิน 50 เมตร และในบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำจะเก็บข้อมูลหน้าตัดเพิ่มเติม

ลักษณะการใช้พื้นที่ประกอบด้วยพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนหนาแน่นน้อยถึงปานกลางบริเวณต้นน้ำและกลางน้ำ ส่วนบริเวณท้ายน้ำจะเป็นพื้นที่ชุมชนหนาแน่นเป็นหลัก การเกิดน้ำท่วมจะเกิดเป็นประจำทุกปีโดยเฉพาะบริเวณท้ายน้ำ

ตารางที่ 1 : คุณสมบัติของลำน้ำ

ลำน้ำ	จำนวนสิ่งกีดขวาง		ระยะ (ม.)	จำนวนหน้าตัด
	ฝาย	ท่ลอด		
MAERAI 1 LINE 1	-	-	200	6
MAERAI 1 LINE 2	7	2	1,400	34
MAERAI 1 LINE 3	-	2	900	17
MAERAI 1 LINE 4	1	3	900	20
MAERAI 2 LINE 1	4	14	2,450	95
MAERAI 3 LINE 1	-	2	400	15
MAERAI 4 LINE 1	1	1	750	34

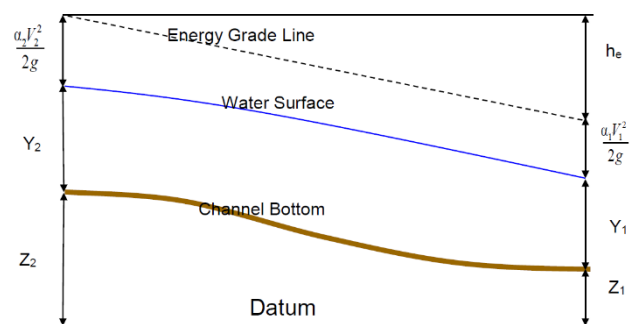


รูปที่ 2 : ลำน้ำห้วยแม่ไร่ ตำบลแม่ไร่ อำเภอมะจัน จังหวัดเชียงราย

2.3) แบบจำลอง HEC-RAS

โปรแกรม HEC-RAS เป็นแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ด้านชลศาสตร์ เพื่อใช้คำนวณหน้าข้างการไหลของผิวน้ำที่คงที่ การไหลที่ผันแปรที่ละน้อยในช่องทาง และการระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ แบบจำลอง HEC-RAS มีประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการเกิดผลกระทบของลำน้ำ คำนวณระดับน้ำในลำน้ำโดยมีความถูกต้องในการคำนวณสูง สามารถจำลองการไหลแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ สามารถคำนวณขอบเขตการเคลื่อนที่ของตะกอน การกระจายตัวของคุณภาพน้ำ คำนวณการไหลของน้ำแบบ Steady และ Unsteady Flow [7]–[9]

การคำนวณหน้าข้างการไหลในแบบจำลอง HEC-RAS ใช้หลักการพลังงานระหว่าง 2 หน้าตัด ดังสมการ (1) และ (2) และรูปที่ 2 แสดงได้ดังนี้



รูปที่ 3 : ความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการพลังงาน [9]

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

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left[\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right] \quad (2)$$

Y_1, Y_2 = ระดับน้ำทางด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของ
ช่วงที่พิจารณา
 V_1, V_2 = ความเร็วของน้ำที่ด้านทั้งสอง
 α_1, α_2 = สัมประสิทธิ์ความเร็วการไหล
 g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
= 9.81 ม./วินาที²
 h_e = Energy Head Loss
 L = ความยาวของช่วงทางน้ำที่พิจารณา
 $\bar{S}_f$ = ความลาดชันของเส้นพลังงานเฉลี่ย
 C = ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของการบีบและขยาย
ทางน้ำ

2.4) ขั้นตอนการศึกษา

2.4.1) การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ ข้อมูลที่ใช้นำมาจากรายงานโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือภัยน้ำท่วมและดินถล่ม จังหวัดเชียงราย [1] ประกอบด้วย อัตราการไหลหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี ค่าหน้าตัดลำน้ำ และข้อมูลสิ่งกีดขวางทางน้ำ

2.4.2) การตรวจสอบข้อมูล การตรวจสอบตัวแปรและค่าที่ใช้ในการนำไปใช้ในแบบจำลอง HEC-RAS ประกอบไปด้วย การตรวจสอบค่าหน้าตัดลำน้ำ ข้อมูลสะพานตอม่อ ฝาย ท่อลอด โดยทำการตรวจสอบหน้าตัดลำน้ำที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง เช่น หน้าตัดลำน้ำมีการขุดลอก สภาพทางน้ำบางช่วงถูกกีดขวาง และการทับถมของตะกอนบริเวณสิ่งกีดขวางทางน้ำ เป็นต้น การสำรวจหน้าตัดดังกล่าวใช้หลักการของวิศวกรรมสำรวจด้วยกล้องสำรวจประมวลผลรวมเป็นหลัก

2.4.3) การนำเข้าข้อมูล ข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบในหัวข้อ 2.4.2 แล้วจะถูกนำเข้าลงในโปรแกรม HEC-RAS ได้แก่ เส้นแนวลำน้ำ ตีลังของลำน้ำ หน้าตัดลำน้ำ ฝาย ท่อลอด สะพาน อัตราการไหล

2.4.4) การเปรียบเทียบ ข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากการจำลองจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับระดับน้ำในลำน้ำจริงเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ทำให้ได้ระดับน้ำแบบจำลองเท่ากับระดับน้ำจริงในสนาม ตำแหน่งระดับน้ำจริงที่ใช้ในการเปรียบเทียบมี 8 ตำแหน่งในลำน้ำ แสดงได้ดังรูปที่ 4 ค่าระดับน้ำที่ทำการเปรียบเทียบจะนำไปตรวจสอบด้วยประสิทธิภาพแนช-ซีทคลีฟ [10] แสดงได้ดังสมการ (3) ทั้งนี้ ค่าของ NSE ที่ได้จะต้องมีค่ามากกว่า 0.65 ตามข้อเสนอแนะของ Moriasi *et al.* [11] และหากใกล้กับ 1 จะ

ให้ค่าการยอมรับที่สูงมาก ในกรณีที่ปรับเทียบแล้วได้ค่า NSE ต่ำกว่า 0.65 จะต้องพิจารณาปรับแก้ใหม่อีกครั้ง

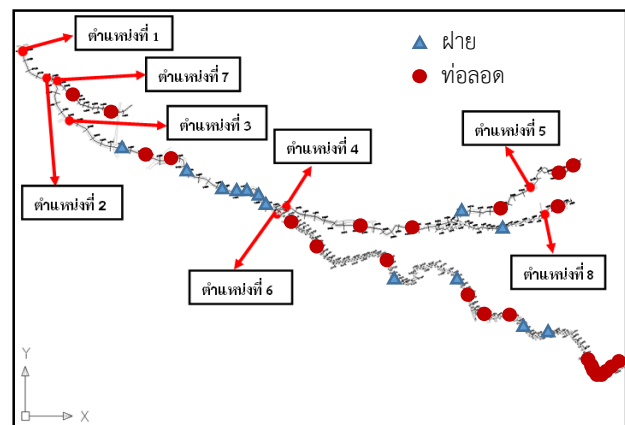
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (w_r - w_{s_r})^2}{\sum_{i=1}^n (w_r - \bar{w}_r)^2} \quad (3)$$

เมื่อ NSE คือ ประสิทธิภาพแนช-ซีทคลีฟ

w_r คือ ระดับน้ำพื้นที่จริง

w_{s_r} คือ ระดับน้ำแบบจำลอง

$\bar{w}_r$ คือ ระดับน้ำพื้นที่จริงเฉลี่ย



รูปที่ 4 : ตำแหน่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

2.4.5) การจำลองการไหลเพื่อวิเคราะห์การไหลผ่านสิ่งกีดขวางทางน้ำ อัตราการไหลที่ต่ำจนถึงสูงประกอบด้วยอัตราการไหล 3, 5, 10, 13, 23.34 m³/s ถูกนำมาใช้เพื่อจำลองผลกระทบของการไหลผ่านฝายและท่อลอด โดยอัตราการไหล 3 m³/s เป็นอัตราการไหลที่ระดับน้ำไหลภายในฝายและท่อลอด อัตราการไหลที่ 5 m³/s เป็นอัตราการไหลที่ระดับน้ำเริ่มล้นฝาย อัตราการไหลที่ 10 m³/s เป็นอัตราการไหลที่ระดับน้ำเริ่มไหลล้นขอบบนของท่อลอด อัตราการไหลที่ 13 m³/s เป็นอัตราการไหลที่ระดับน้ำล้นขอบบนท่อลอด และอัตราการไหลที่ 23.34 m³/s เป็นระดับน้ำสูงสุดที่รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี

2.4.6) การจำลองการไหลกรณีไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ การตรวจสอบผลกระทบที่เกิดขึ้นในลำน้ำทั้งหมดเมื่อมีและไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำจะพิจารณาผลกระทบที่มีต่อระดับน้ำในลำน้ำ ตำแหน่งการเกิดน้ำท่วม และระยะทางน้ำท่วมล้นตลิ่ง จากการ

จำลองอัตราการไหลที่ 23.34 ลบ.ม./วินาที ซึ่งเป็นปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่รอบปีการเกิด 10 ปี ที่ส่งผลกระทบต่อลำน้ำมากที่สุดตามการแนะนำของโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือภัยน้ำท่วมและดินถล่ม จังหวัดเชียงราย [1]

3) ผลการดำเนินงาน

3.1) ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง

ตารางที่ 2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแบบจำลอง โดยมีความแตกต่างของระดับผิวน้ำจริงและจำลองไม่เกินร้อยละ 3.28 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในช่วง 0.028–0.032 ค่าระดับน้ำที่ได้จะถูกนำไปตรวจสอบความถูกต้องโดยประสิทธิภาพแนช-ซีทคลีฟ ได้เท่ากับ 0.99 ซึ่งถือว่าดีมาก ดังนั้นจึงทำให้การจำลองการไหลในโปรแกรม HEC-RAS มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปจำลองระดับน้ำและอัตราการไหลในลำน้ำให้แสดงผลได้ใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริง ถึงแม้ว่าข้อจำกัดของการเก็บข้อมูลภาคสนามทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบที่ระดับน้ำความลึกเกินกว่า 0.63 เมตรได้ แต่ลักษณะของตลิ่งที่ความลึกเกินกว่า 0.63 เมตรมีลักษณะแบบเดียวกัน จึงสามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ได้จากการเปรียบเทียบได้

3.2) ผลกระทบของระดับน้ำบริเวณฝายและท่อดูดเมื่ออัตราการไหลแตกต่างกัน

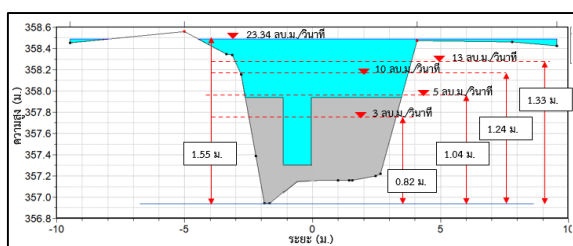
ถึงแม้ฝายและท่อดูดจะเป็นสิ่งกีดขวางทางน้ำเหมือนกัน แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำไม่เหมือนกันเนื่องจากฝายมีโครงสร้างเพื่อยกกระแสน้ำให้สูงขึ้นและหน้าตัดการไหลผ่านจะขึ้นอยู่กับระดับความสูงของน้ำเหนือฝาย แต่ท่อดูดจะยอมให้น้ำไหลผ่านตามขนาดหน้าตัดที่มีอยู่ ผลกระทบต่อระดับและความลึกน้ำบริเวณหน้าโครงสร้างทั้งสอง แสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยที่อัตราการไหลต่ำ ($Q = 3$ ลบ.ม./วินาที) ระดับและ

ความลึกน้ำหน้าฝายจะสูงเนื่องจากน้ำสามารถไหลล้นออกได้บริเวณสันเท่านั้น ในขณะที่ระดับและความลึกน้ำหน้าท่อดูดจะต่ำเนื่องจากน้ำสามารถไหลผ่านท่อที่อยู่ด้านล่างได้โดยตรง แต่เมื่ออัตราการไหลเริ่มสูงขึ้น ($Q = 5$ ลบ.ม./วินาที) ระดับน้ำและ

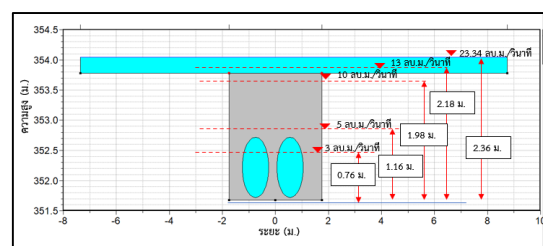
ตารางที่ 2 : ความลึกของระดับน้ำที่เก็บได้จากพื้นที่ศึกษา

ลำน้ำ	ตำแหน่ง	สัมประสิทธิ์ความขรุขระ	ระดับความลึก (ม.)	
			พื้นที่จริง	แบบจำลอง
MAERAI 1 LINE 1	0+000	0.03	0.63	0.65
	0+222	0.03	0.59	0.58
MAERAI 1 LINE 2	0+500	0.03	0.63	0.61
MAERAI 1 LINE 3	1+700	0.03	0.6	0.61
MAERAI 1 LINE 4	3+050	0.032	0.59	0.59
MAERAI 2 LINE 1	0+025	0.028	0.52	0.52
MAERAI 3 LINE 1	0+025	0.033	0.62	0.63
MAERAI 4 LINE 1	0+600	0.031	0.56	0.56

ความลึกน้ำบริเวณหน้าฝายและท่อดูดจะใกล้เคียงกันเนื่องจากเป็นอัตราการไหลที่ใกล้เคียงกับประสิทธิภาพสูงสุดของการระบายน้ำผ่านท่อดูด และเมื่ออัตราการไหลสูงมากขึ้นจนเกินประสิทธิภาพการระบายของท่อดูดแล้ว ($Q = 10, 13$ และ 23.34 ลบ.ม./วินาที) ระดับและความลึกน้ำหน้าท่อดูดจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับฝาย ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดการท่วมของน้ำบริเวณท่อดูดง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อัตราการไหลสูงผลกระทบดังกล่าวจะยิ่งรุนแรงดังแสดงให้เห็นในหัวข้อต่อไป



ก) หน้าตัดฝาย ตำแหน่ง 1+728.53



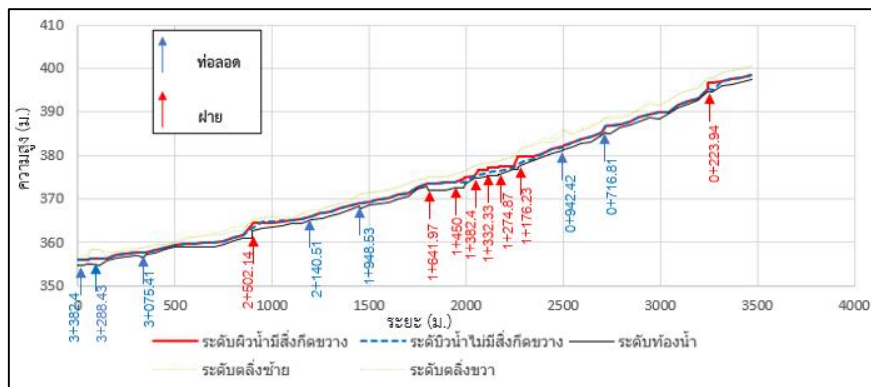
ข) หน้าตัดท่อดูด ตำแหน่ง 2+314.88

รูปที่ 5 : ตัวอย่างระดับน้ำท่อดูดและฝายที่อัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลง

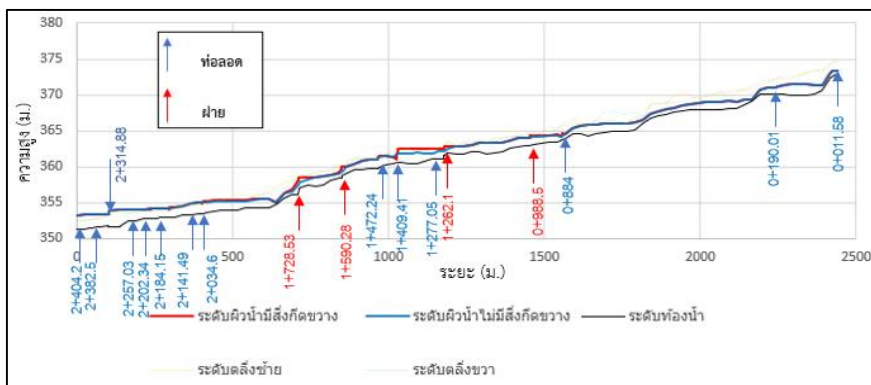
3.3) ผลเปรียบเทียบระดับน้ำในลำน้ำกรณีมีและไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ

ผลการจำลองระดับน้ำที่อัตราการไหลรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี (23.34 ลบ.ม/วินาที) พบว่า การมีสิ่งกีดขวางทางน้ำส่งผลให้ระดับผิวน้ำเพิ่มสูงขึ้นจากกรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยมีระดับน้ำแตกต่างกันเป็นระยะทาง 1,875 เมตร ตลอดแนว 7 ลำน้ำย่อย ตัวอย่างระดับน้ำที่ไหลผ่านฝายที่ตำแหน่ง 0+284.86 ของลำน้ำ MAERAI 4 LINE 1 (รูปที่ 6ง) แสดงให้เห็นถึงระดับน้ำที่ยกตัวสูงขึ้นโดยมีความต่างระดับน้ำ 0.21 เมตร

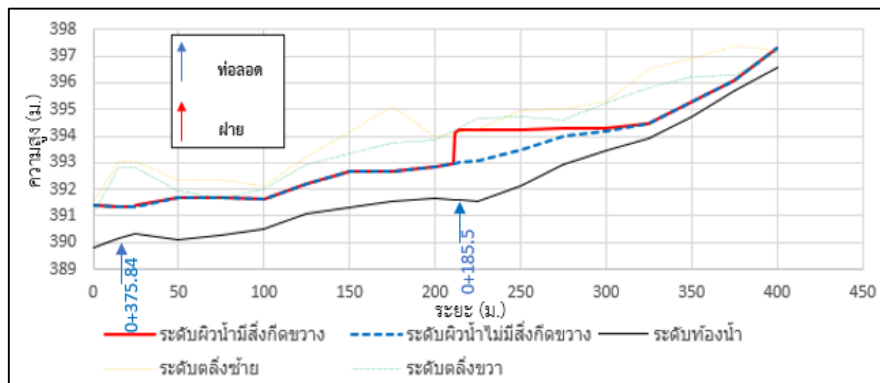
สำหรับการไหลผ่านท่อดูด ระดับน้ำหน้าท่อดูดจะยกตัวสูงขึ้นอย่างมากและเกิดผลกระทบของปรากฏการณ์น้ำย้อนไปทางด้านเหนือน้ำเป็นระยะทางยาวกว่าการมีฝาย ตัวอย่างระดับน้ำที่ไหลผ่านท่อดูดที่ตำแหน่ง 2+314.88 ในลำน้ำ MAERAI 2 LINE 1 (รูปที่ 6ข) แสดงให้เห็นถึงระยะทางของปรากฏการณ์น้ำย้อนไปทางด้านเหนือน้ำ โดยมีระยะทางที่ระดับน้ำย้อนกลับไป 93 เมตร และที่ตำแหน่ง 0+185.5 ในลำน้ำ MAERAI 3 LINE 1 (รูปที่ 6ค) มีระดับผิวน้ำสองกรณีต่างกัน 1.34 เมตร และมีความยาวระดับน้ำไหลย้อนไปเหนือน้ำ 125 เมตร



ก) ลำน้ำ MAERAI 1 LINE 1-4

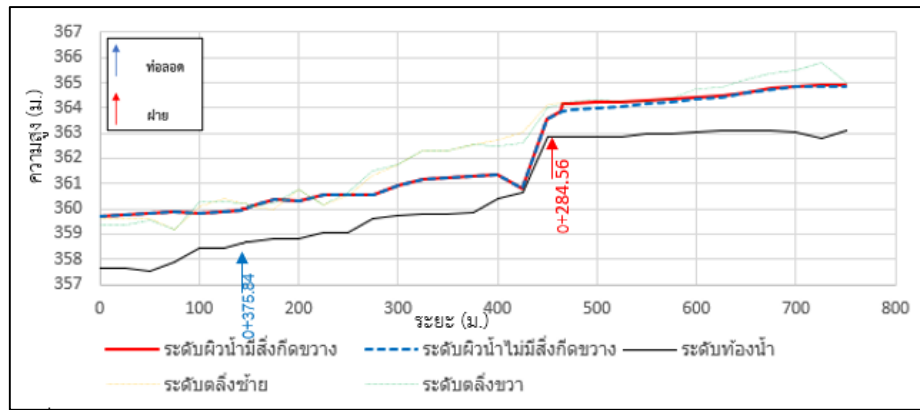


ข) ลำน้ำ MAERAI 2 LINE 1



ค) ลำน้ำ MAERAI 3 LINE 1

รูปที่ 6 : ระดับน้ำกรณีมีและไม่มีสิ่งกีดขวาง



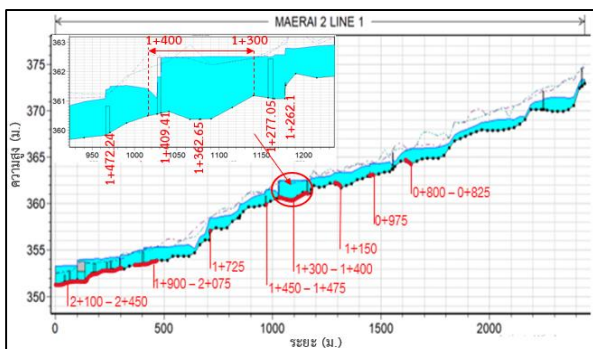
ง) ลำน้ำ MAERAI 4 LINE 1

รูปที่ 6 (ต่อ) : ระดับน้ำกรณีมีและไม่มีสิ่งกีดขวาง

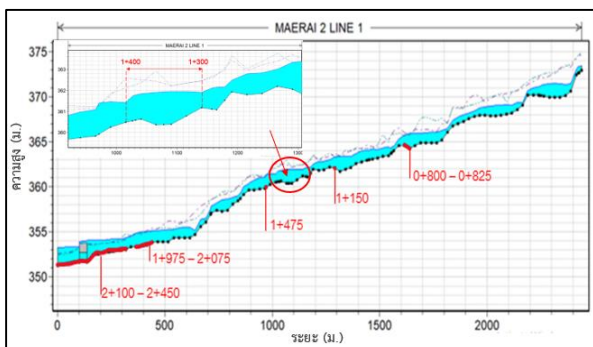
3.4) ผลเปรียบเทียบระยะการท่วมกรณีมีและไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ

ผลการวิเคราะห์ระยะการท่วมกรณีมีและไม่มีสิ่งกีดขวางของลำน้ำ พบว่าเมื่อนำสิ่งกีดขวางออกจากลำน้ำส่งผลให้เกิดระยะการท่วมลดลงจากกรณีมีสิ่งกีดขวาง นั่นคือจากระยะการท่วมทั้งหมด 953.4 เมตร ลดลงเหลือ 580.59 เมตร โดยมีสิ่งกีดขวางหลักที่ทำให้เกิดน้ำท่วมอยู่ที่ตำแหน่ง 1+300 – 1+400 ในลำน้ำ MAERAI 2 LINE 1 ดังแสดงในรูปที่ 7 และ ตำแหน่ง 0+175 –

0+275 ที่ลำน้ำ MAERAI 4 LINE 1 ดังแสดงในรูปที่ 8 ภาพถ่ายจากดาวเทียมถูกนำมาใช้เพื่อแสดงให้เห็นตำแหน่งที่น้ำท่วมในลำน้ำห้วยไรทั้ง 7 สาย แสดงได้ดังรูปที่ 9 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการท่วมเกิดขึ้นบริเวณที่เป็นชุมชนที่อยู่ท้ายน้ำมากกว่าบริเวณต้นน้ำที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากลำน้ำที่ไหลผ่านชุมชนมีสิ่งกีดขวางทางน้ำประเภทท่อลอดเป็นหลัก ประกอบกับหน้าตัดลำน้ำบริเวณท้ายน้ำมีขนาดที่เล็กทำให้ไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำ

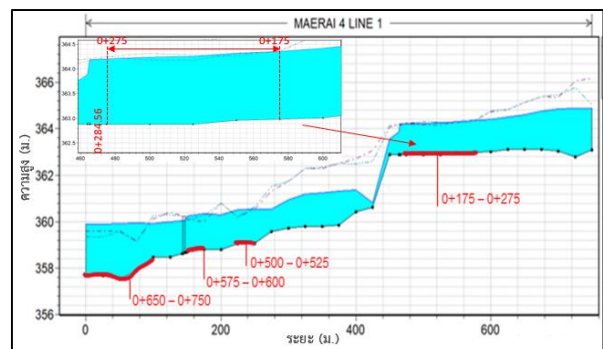


ก) กรณีมีสิ่งกีดขวาง

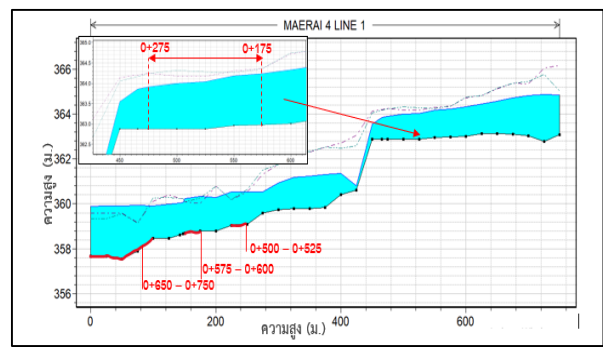


ข) กรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง

รูปที่ 7 : ตำแหน่งการท่วม ลำน้ำ MAERAI 2 LINE 1

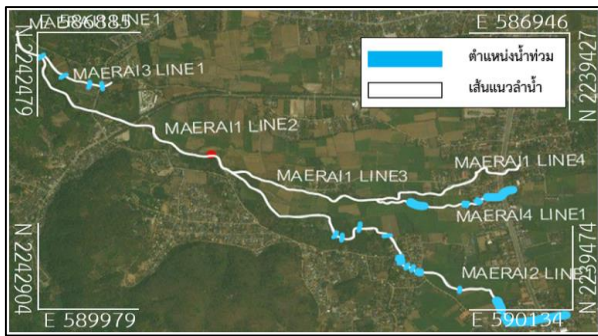


ก) กรณีมีสิ่งกีดขวาง

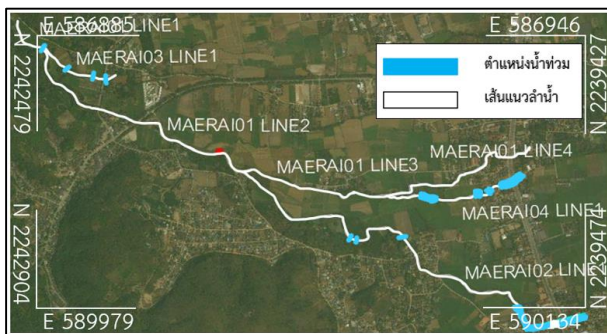


ข) กรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง

รูปที่ 8 : ตำแหน่งการท่วม ลำน้ำ MAERAI 4 LINE 1



ก) ตำแหน่งการท่วมกรณีมีสิ่งกีดขวางทางน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียม



ข) ตำแหน่งการท่วมกรณีไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียม

รูปที่ 9 : ภาพถ่ายดาวเทียมตำแหน่งที่น้ำท่วม

จากปัญหาของสิ่งกีดขวางที่กล่าวมา สามารถแสดงตำแหน่งของสิ่งกีดขวางที่ส่งผลกระทบต่อลำน้ำทั้งหมดได้ดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากท่อดูดเป็นหลัก แนวทางในการแก้ปัญหาโดยภาพรวมควรทำการขุดลอกหรือนำสิ่งกีดขวางทางน้ำออกไป อย่างไรก็ตามจะเห็นได้จากรูปที่ 7ข และ 8ข ที่แสดงว่ายังคงมีการท่วมในลำน้ำถึงแม้ว่าจะนำสิ่งกีดขวางออกไป ดังนั้นมาตรการระยะยาวที่จำเป็นคือ การปรับเปลี่ยนหน้าตัดลำน้ำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อรองรับอัตราการไหลที่มากขึ้นได้

ตารางที่ 3 : ตำแหน่งและลักษณะของสิ่งกีดขวางทางน้ำที่ทำให้เกิดการท่วม

ลำน้ำ	ตำแหน่ง	ลักษณะ	พิกัด	
			N	E
MAERAI 2 LINE 1	0+989	ฝาย	2240551	588730.6
	1+277.05	ท่อดูด	2240404	588798.9
	1+409.41	ท่อดูด	2240276	588828.5
	2+314.88	ท่อดูด	2239772	589377.8
MAERAI 3 LINE 1	0+185.56	ท่อดูด	2241994	587414.9
MAERAI 4 LINE 1	0+284.86	ฝาย	2240629	589012.4

4) สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของสิ่งกีดขวางทางน้ำที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมในลำน้ำ เลือกลำน้ำห้วยแม่ไร่ซึ่งมีสิ่งกีดขวางทางน้ำประเภทฝายและท่อดูดอยู่จำนวนมากเพื่อทำการจำลองการไหลในลำน้ำด้วยแบบจำลอง HEC-RAS ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลภาคสนามของระดับน้ำจำนวน 8 ตำแหน่ง โดยได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระจากการเปรียบเทียบอยู่ที่ 0.028–0.033 ซึ่งค่าดังกล่าวจะถูกใช้เป็นตัวแทนความขรุขระของน้ำลักษณะเดียวกันในการจำลองการไหลที่ 3, 5, 10, 13 และ 23.34 ลบ.ม./วินาที ต่อไป

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงผลกระทบของฝายและท่อดูด 2 อย่าง ได้แก่

1. ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระดับน้ำหน้าท่อดูดและฝาย เมื่อพิจารณาที่อัตราการไหลต่ำ ระดับน้ำหน้าท่อดูดจะมีระดับที่ต่ำ ในขณะที่ระดับน้ำหน้าฝายจะสูงเนื่องจากคุณสมบัติฝายที่ต้องการยกระดับน้ำขึ้น และที่อัตราการไหลสูง ระดับน้ำหน้าท่อดูดจะมีค่าสูงกว่าระดับน้ำหน้าฝายเนื่องจากข้อจำกัดของปริมาณน้ำที่สามารถไหลผ่านท่อดูดได้ ทำให้น้ำถูกยกระดับขึ้นจนกว่าจะไหลล้นสะพานหรือถนนที่อยู่บนท่อดูด ในขณะที่ระดับน้ำไหลผ่านฝายจะกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างตามความยาวฝายทำให้ระดับน้ำไม่สูง

2. ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระดับน้ำในลำน้ำและระยะน้ำท่วม โดยจะเห็นได้ว่าสิ่งกีดขวางทางน้ำเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน เนื่องจากการมีสิ่งกีดขวางทางน้ำทำให้น้ำตัดทางน้ำลดขนาดลงหรือมีการยกระดับของผิวน้ำขึ้น ซึ่งระดับผิวน้ำที่สูงขึ้นมิได้เกิดเพียงบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางเท่านั้นแต่จะขยายระยะไปยังด้านเหนือน้ำของสิ่งกีดขวางและไหลล้นตลิ่งออกสองข้างทาง

อย่างไรก็ตาม ผลการจำลองระดับน้ำและการท่วมฉับพลันของการไหลเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางก็ยังแสดงให้เห็นว่าปัญหาน้ำท่วมยังคงมีอยู่ ซึ่งปัญหาเหล่านี้มาจากสภาพหน้าตัดลำน้ำที่เล็กในบางช่วง ดังนั้นเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาที่น้ำท่วมได้อย่างสมบูรณ์ควรมีการศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาน้ำท่วมให้ครอบคลุมต่อไป

5) ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ต้องการนำเสนอในเรื่องของผลกระทบของสิ่งกีดขวางทางน้ำต่อการเกิดน้ำท่วม ควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการกักเก็บน้ำเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางทางน้ำ ตลอดจน

แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ท่วมเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการนำไปใช้งานมากขึ้น

2. สิ่งกีดขวางทางน้ำที่นำมาพิจารณาในการศึกษานี้ได้แก่ฝายและท่อลอดเท่านั้น งานในอนาคตควรทำการศึกษาปัจจัยของเศษวัสดุที่มาอุดตันทางน้ำหรือสิ่งกีดขวางประเภทอื่น ๆ เพิ่มขึ้น

3. เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์การเกิดน้ำท่วมที่รอบปีการเกิดซ้ำอื่น ๆ ได้ ควรมีการศึกษาเพื่อสังเคราะห์ปริมาณน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำอื่น ๆ และนำมาพิจารณาเพิ่มเติมได้จะเป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการกิจกรรมพัฒนาระบบสารสนเทศเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือภัยพิบัติน้ำท่วมและดินถล่มจังหวัดเชียงราย ระยะที่ 1 ที่สนับสนุนข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

REFERENCES

- [1] Faculty of Engineering, "Integration of water resources management project: The development activities of information system for prepare to flood disaster and landslides in Chiang Rai Province," Chiang Mai Univ., Chiang Mai, Thailand, Final Rep., Mar. 2020.
- [2] Post Today. "Forest water floods villages in the area at Mae Chan District and Mae Sai District over 500 houses." (in Thai), POSTTODAY.com. <https://www.posttoday.com/social/local/456586> (accessed Oct. 15, 2021).
- [3] Thairath. "Heavy rain, forest water from Doi Tung floods 7 villages in Chiang Rai." (in Thai), THAIRATHONLINE.co.th. <https://www.thairath.co.th/news/local/north/1353969> (accessed Sep. 10, 2021).
- [4] HEC-RAS, *River Analysis System Hydraulic Reference Manual*, USACE, Davis, CA, USA, 2018.
- [5] S. Chuenchuoklin, "River analysis simulation model of main river and diversion channel planning for flood delineation: Case study for Pasak River, Phetchabun Province," (in Thai), *Naresuan Univ. Eng. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 9–18, 2006.
- [6] P. Numkhang, "Analysis of Flow in Mae Klong River by HEC-RAS Model," (in Thai), B.E. thesis, Dept. Irrigation Eng., Kasetsart Univ., Nakhon Pathom, Thailand, 2007.
- [7] HEC-RAS *River Analysis System User's Manual Version 5.0*, USACE, Davis, CA, USA, 2016.
- [8] HEC-RAS, *River Analysis System Application Guide*, USACE, Davis, CA, USA, 2018.
- [9] HEC- RAS *River Analysis System, Hydraulics Reference Manual Version 4*, USACE, Davis, CA, USA, 2010.
- [10] J. E. Nash and J. V. Sutcliffe, "River flow forecasting through conceptual models; Part I-A discussion of principles," *J. Hydrol.*, vol. 10, no. 3, pp. 282–290, Apr. 1970, doi: 10.1016/0022-1694(70)90255-6.
- [11] D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, and T. L. Veith, "Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations," *Trans. ASABE.*, vol. 50, no. 3, pp. 885–900, 2007, doi: 10.13031/2013.23153.