

การจำลองการพิบัติของเขื่อนศรีนครินทร์

DAMBREAK SIMULATION OF SRINAGARINDA DAM

นฤมล นาวายนต์¹, สันติ ทองพำนัก², วิษุวัตม์ แต่สมบัติ³

¹นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (naru_nawa@hotmail.com)

²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (fengsat@ku.ac.th)

³อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (fengwwt@ku.ac.th)

บทคัดย่อ : เขื่อนศรีนครินทร์เป็นเขื่อนเอนกประสงค์ขนาดใหญ่ ประเภทหินถมแกนดินเหนียว มีความสามารถในการกักเก็บน้ำได้มากที่สุดของประเทศ หากตัวเขื่อนเกิดการพิบัติขึ้นจะก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นเป็นบริเวณกว้าง ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้รวบรวมข้อมูลรูปตัดตามขวางลำน้ำของแม่น้ำแควน้อย แม่น้ำแควใหญ่ และแม่น้ำแม่กลอง เพื่อนำเข้าในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ MIKE11-HD โดยทำการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำทางด้านท้ายเขื่อน โดยใช้ข้อมูลโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหล ของสถานีวัดน้ำท่า K.10, K.11A, K.35A, K.36 และ K.37 ในปี 2006-2007 และทำการปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์กับเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต ในปี 2006-2007 จากสถานีวัดน้ำท่าทางด้านเหนือ K.36 และ K.10 จนถึงปากแม่น้ำแม่กลอง ผลที่ได้พบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงให้ค่าทางสถิติที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากนั้นสมมติการพังทลายของเขื่อนในกรณีน้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน ซึ่งทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุดเท่ากับ 15,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เกิดขึ้นที่เวลา 25 ชั่วโมง หลังจากเขื่อนเริ่มพังทลายและวิเคราะห์หาเวลาการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมหลังจากการพังทลายของเขื่อน โดยพิจารณาจากด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์จนถึงจุดออกทะเลที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม รวมระยะทางตามลำน้ำ 212 กิโลเมตร ใช้เวลาเคลื่อนตัวทั้งหมด 325 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าระยะเวลาที่ปริมาณการไหลสูงสุดจากการพิบัติของเขื่อนเคลื่อนตัวถึงจุดพิจารณาที่สำคัญ ได้แก่ เขื่อนท่าทุ่งนา, อ.เมือง จ.กาญจนบุรี, เขื่อนแม่กลอง, อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี, อ.เมือง จ.ราชบุรี และ อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม เท่ากับ 29 ชั่วโมง, 105 ชั่วโมง, 106 ชั่วโมง, 209 ชั่วโมง, 309 ชั่วโมง และ 325 ชั่วโมง ตามลำดับ

คำสำคัญ : เขื่อนศรีนครินทร์, การพิบัติของเขื่อน, แบบจำลอง MIKE11

Abstract : Srinagarinda Dam is a large multi-purpose, type of earth core rock fill dam, the ability of more storage in the country. If the dam failures will cause a lot of damage. In this study, data were collected cross section of kwai noi river, kwai yai river and mae klong river, use to MIKE11-HD model for calibration coefficient of

¹ ผู้ติดต่อหลัก (Corresponding author)

the roughness of the channel, by using curve of the relationship between water level and flow of the runoff stations K.10, K.11A, K.35A, K.36 and K.37 in 2000–2007, calibration to flooding in the past of the runoff stations K.36 and K.10 to the river mouth of Maeklong river, compared with values actually measured remain statistic acceptable. From the study, In case of overtopping with the peak outflow of 15,000 cubic meter per second, Occurred at 25 hours after dam failure and analyze of flood wave movement. Downstream of Srinagarinda Dam to the river mouth of Aumper Muang Samutsongkram. Flood wave was also routed along the distance of 212 kilometers while flood wave took 325 hours after dam failure, as a result Tatungna Dam, Aumper Muang Kanchanaburi, Mae Klong Dam, Aumper Banpong Ratchaburi, Aumper Muang Ratchaburi and Aumper Muang Samutsongkram, flood wave movement of period 29 hours, 105 hours, 106 hours, 209 hours, 309 hours and 325 hours respectively.

Keywords : Srinagarinda Dam, Dam break, MIKE11 Model

1. บทนำ

การศึกษาการพังทลายของเขื่อนแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ซึ่งแบบจำลองทางกายภาพต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญและงบประมาณจำนวนมาก รวมทั้งใช้ระยะเวลาในการศึกษานานกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จึงทำให้มีการศึกษาการพังทลายของเขื่อนโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กันอย่างแพร่หลาย จากการศึกษาที่ผ่านมาของการวิเคราะห์การเกิดคลื่นน้ำท่วมจากการพังทลายของเขื่อน ในปี 2547 [1] เลือกใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ FLDWAV เพื่อจำลองสภาพการพังทลายของเขื่อนและจำลองการไหลของคลื่นน้ำป่าจากการพิบัติของเขื่อนทับเสลา ซึ่งศึกษารูปแบบการพังทลาย พบว่าการพังทลายจากน้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อนแบบรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นกรณีรุนแรงที่สุดทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุดเท่ากับ 35,303 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยคลื่นน้ำป่าจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่จากเริ่มพังทลายจนถึงจุดออกกลุ่มน้ำทับเสลา ใช้เวลาเดินทาง 6.1 ชั่วโมง [2] ศึกษาการจำลองสภาพน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำในกรณีสมมติว่าเกิดการพังทลายของเขื่อนคลองมะเดื่อ ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองย่อยของแบบจำลอง MIKE11-HD และแบบจำลองย่อย Dambreak เพื่อใช้ในการจำลอง

สภาพการพังทลายของเขื่อนและสภาพการไหลผ่านรอยแยก โดยแบ่งลักษณะการพังทลายเป็น 2 กรณีคือ การพังทลายแบบน้ำล้นข้ามสันเขื่อน และการพังทลายแบบเกิดรูรั่ว พบว่าการไหลล้นข้ามสันเขื่อนมีความรุนแรงมากกว่า ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการไหลผ่านรอยแยกสูงสุดเท่ากับ 65,567 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ทำให้สภาพน้ำท่วมด้านท้ายเขื่อนมีระดับน้ำสูงสุดเท่ากับ +8.45 ม.รทก. เกิดขึ้นที่เวลา 12 ชั่วโมงหลังจากเขื่อนเริ่มพัง โดยเกิดขึ้นที่ อ.เมืองนครนายก และในปี 2551 [3] ศึกษาการจำลองสภาพน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำกรณีการพังทลายของเขื่อนแม่กวง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE11-HD และแบบจำลองย่อย Dambreak เพื่อศึกษาการเคลื่อนตัวของน้ำทางด้านท้ายน้ำ โดยผลศึกษารูปแบบการพังทลาย พบว่าการไหลล้นข้ามสันเขื่อนเป็นกรณีที่มีความรุนแรงมากที่สุด ซึ่งทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุดเท่ากับ 5,045.1 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ทำให้ทางด้านท้ายน้ำมีความสูงของน้ำเหนือตลิ่งเท่ากับ 6.05 เมตร ที่เวลา 22 ชั่วโมง 6 นาที หลังจากเขื่อนพังทลาย

ในปัจจุบันยังไม่ค่อยมีการศึกษาการพังทลายของเขื่อนขนาดใหญ่เผยแพร่สู่สาธารณะมากนักยกย่องเช่นเขื่อนศรีนครินทร์ซึ่งเป็นเขื่อนเอนกประสงค์ขนาดใหญ่และมีความสามารถในการกักเก็บน้ำมากที่สุดของ

ประเทศอีกทั้งยังเป็นเขื่อนที่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าที่สำคัญอีกด้วย

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะใช้แบบจำลอง MIKE11-HD เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำทางด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ของลุ่มน้ำแม่กลอง และทำการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์กับเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต จากนั้นประยุกต์ใช้แบบจำลองการพังทลายของเขื่อน FLDWAV ในการจำลองสภาพการพังทลายของเขื่อนโดยสมมติการพังทลายในลักษณะของน้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน (Overtopping)

1.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำทางด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ของลุ่มน้ำแม่กลอง
- 2) เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์กับเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต
- 3) เพื่อวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมหลังจากการพังทลายของเขื่อนศรีนครินทร์

1.2 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ MIKE11-HD ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำทางด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ของลุ่มน้ำแม่กลอง โดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดน้ำท่า K.10, K.11A, K.35A, K.36 และ K.37 ในช่วงปี ค.ศ. 2006-2007
- 2) ศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์กับเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตในปี 2006-2007 จากสถานีวัดน้ำท่าทางด้านเหนือ K.36 และ K.10 จนถึงปากแม่น้ำแม่กลอง
- 3) ศึกษาแบบจำลองการพังทลายของเขื่อน FLDWAV ในการจำลองสภาพการพังทลายของเขื่อนศรีนครินทร์

- 4) ศึกษารวบรวมข้อมูลรูปตัดตามขวางของแม่น้ำแควน้อย แม่น้ำแควใหญ่ และแม่น้ำแม่กลอง โดยพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) ใช้ข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่ที่มีความละเอียด (resolution) 30x30 เมตร เริ่มตั้งแต่ท้ายเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ จนถึงจุดออกของลุ่มน้ำแม่กลอง

2. ทฤษฎีและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE11

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE11 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย DHI Water and Environment โดยแบบจำลองย่อยที่นำมาใช้ในการศึกษา คือ แบบจำลองย่อยอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic (HD) Module) โดยข้อมูลนำเข้าประกอบไปด้วยโครงข่ายลำน้ำ (river network) รูปตัดขวางลำน้ำ (cross section) ข้อมูลระดับน้ำหรืออัตราการไหลเบื้องต้นตามเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition)

สมการพื้นฐานของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ในแบบจำลอง MIKE11 คือ สมการ Saint Venant ซึ่งเป็นสมการที่อธิบายสภาพการไหลในลำน้ำแบบมิติเดียว (One Dimension) โดยรูปแบบสมการ จะประกอบไปด้วยสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม (Continuity and Momentum Equations) ซึ่งรูปแบบสมการแสดงได้ดังนี้ [2]

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

$$\text{และ} \quad \sqrt{R} = \frac{1}{A} \int_0^B Y^{3/2} dB \quad (3)$$

- เมื่อ
- Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
 - A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล (ตารางเมตร)
 - q = อัตราการไหลเข้าด้านข้าง (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อเมตร)

h = ระดับน้ำเหนือระดับอ้างอิง (เมตร)
 C = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ Chezy (เมตร^{1/2}/วินาที)
 R = รัศมีชลศาสตร์ (เมตร)
 α = สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของโมเมนตัม
 Y = ความลึกของ Local Water (เมตร)
 B = ความกว้างของผิวน้ำ (เมตร)

2.2 แบบจำลองการพังทลายของเขื่อน FLDWAV

การจำลองสภาพการพังทลายของเขื่อน ได้แก่ ลักษณะรูปร่างการพังทลายของรอยแยก ช่วงเวลาในการพังทลาย ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเป็นการยากที่จะเข้าใจถึงกระบวนการในการเกิดการพังทลายของเขื่อนทั้งเขื่อนดินและเขื่อนคอนกรีต จึงได้มีการศึกษาเพื่อทำนายคลื่นน้ำป่าด้านท้ายน้ำซึ่งเกิดจากการพังทลายของเขื่อน โดยสมมติให้เขื่อนเกิดการพังทลายอย่างสมบูรณ์ทันทีทันใด รูปแบบการพังทลายของเขื่อนตั้งแต่เริ่มต้นเกิดการพังทลายโดยการขยายตัวของรอยแยก จนกระทั่งการพังทลายขึ้นอย่างสมบูรณ์ เรียกว่า Breach Formation

แบบจำลองคณิตศาสตร์ FLDWAV ในส่วนของฟังก์ชันจำลองสภาพการพังทลายของเขื่อนและการไหลออกจากอ่างได้กำหนดพารามิเตอร์ซึ่งเป็นตัวแทนของรอยแยกซึ่งประกอบด้วยช่วงเวลาในการพังทลาย (τ) ขนาดความกว้างสุดท้ายด้านล่างเมื่อการพังทลายสิ้นสุด (b) และรูปร่างเฉพาะของรอยแยก (z)

การพังทลายเนื่องจากน้ำไหลล้นสันเขื่อน จะจำลองสภาพรูปร่างของรอยแยกเป็นรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยที่ขนาดของรอยแยกจะเริ่มเพิ่มขึ้นจากสันเขื่อนจนถึงด้านล่างของเขื่อน ดังแสดงในรูปที่ 1 การเริ่มต้นการพังทลายของเขื่อนจะเริ่มเมื่อค่าระดับน้ำในเขื่อนอยู่สูงกว่าระดับสันเขื่อนหรือระดับแกนของเขื่อน (Specified Value, h_r) ค่าปริมาณการไหลที่ผ่านรอยแยก (Q_b) จะถูกคำนวณโดยสมการ Broad-Crested Weir [1]

$$Q_b = c_v k_s [3.1b_i(h-h_b)^{1.5} + 2.45z(h-h_b)^{2.5}] \quad (4)$$

เมื่อ Q_b = ปริมาณน้ำไหลผ่านรอยแยก (ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที)

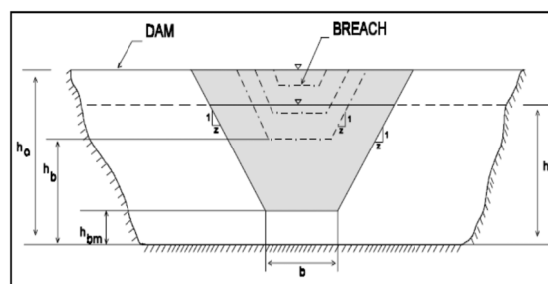
c_v = ค่าปรับแก้ความถูกต้องของความเร็วสามารถหาได้จาก (Brater, 1959)

k_s = ค่าปรับแก้กรณีเกิดจมน้ำ (Submergence Correction) ของระดับน้ำด้านท้ายน้ำ (h_t)

b_i = ความกว้างด้านล่างของรอยแยกที่เวลาใดๆ (ฟุต)

h = ค่าระดับน้ำด้านเหนือของโครงสร้าง (ฟุต รทก.)

h_b = ค่าระดับด้านล่างของรอยแยกซึ่งสมมติอยู่ในฟังก์ชันของเวลาในการพังทลาย



รูปที่ 1 การพังทลายแบบน้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน [1]

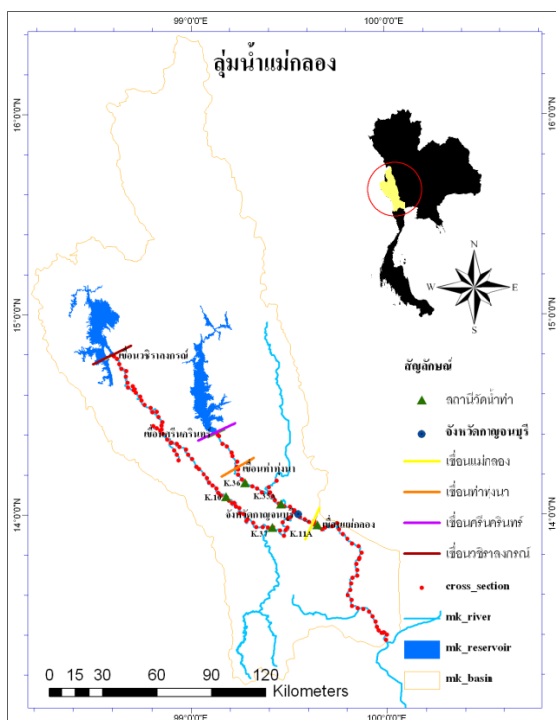
3. วิธีการศึกษา

3.1 การรวบรวมและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

3.1.1 ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ

รวบรวมและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลอง MIKE11 ได้รวบรวมข้อมูลรูปตัดตามขวางและตลิ่งทั้งสองฝั่งของแม่น้ำแควน้อยจำนวน 60 หน้าตัด แม่น้ำแควใหญ่จำนวน 24 หน้าตัด และแม่น้ำแม่กลองจำนวน 40 หน้าตัด โดยพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) ใช้ข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่ที่มีความละเอียด (resolution) 30x30 เมตร เริ่มตั้งแต่

ท้ายเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ จนถึงจุด
ออกของกลุ่มน้ำแม่กลอง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งของเขื่อนและรูปตัดตาม
ขวาง

3.1.2 ข้อมูลทางกายภาพของเขื่อนศรีนครินทร์
และอาคารประกอบ

เขื่อนศรีนครินทร์เป็นเขื่อนหินถมแกนดินเหนียว
ความสูงจากฐานราก 140 เมตร ความยาวสันเขื่อน
610 เมตร กว้าง 15 เมตร ระดับสันเขื่อน +185.00 ม.
รทก. ระดับเก็บกักปกติ +180.00 ม.รทก. ความจุที่
ระดับเก็บกักปกติ 17,745 ล้านลูกบาศก์เมตร พื้นที่
อ่างเก็บน้ำ 419 ตารางกิโลเมตร [4]

3.1.3 สภาวะขอบเขตด้านเหนือน้ำ

ใช้ข้อมูลปริมาณการไหล (Discharge) ของสถานี
วัดน้ำท่า K.36 แม่น้ำแควใหญ่ บริเวณบ้านท่ามะนาว
อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี และสถานีวัดน้ำท่า
K.10 แม่น้ำแควน้อย บริเวณบ้านลุ่มลุ่ม อำเภอเมือง
จังหวัดกาญจนบุรี ดังรูปที่ 5

3.1.4 สภาวะขอบเขตด้านท้ายน้ำ

ใช้ข้อมูลระดับน้ำทะเลที่ปากแม่น้ำแม่กลองจาก
สถานีของกรมเจ้าท่า ช่วงปี 2006-2007 ดังรูปที่ 5

3.1.5 ข้อมูลน้ำท่า

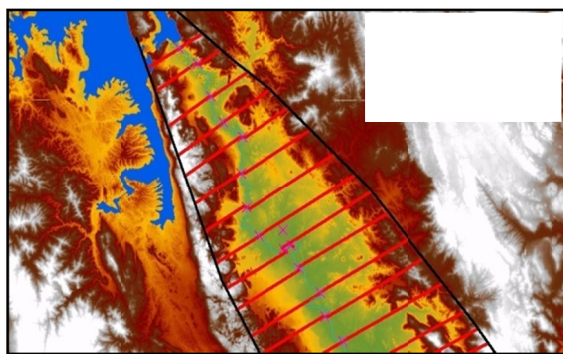
ใช้ข้อมูลรายวันจากสถานีวัดน้ำท่า K.10, K.11A,
K.35A, K.36 และ K.37 ช่วงปี 2006-2007 โดย
ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า แสดงดังรูปที่ 5

3.2 การจัดทำ MIKE11-HD สำหรับระบบแม่น้ำแม่
กลอง

3.2.1 การจัดทำแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (HD
Model) ในการปรับเทียบหาสัมประสิทธิ์ความขรุขระ
ของลำน้ำ (Manning'n) ทางด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์
และเขื่อนวชิราลงกรณ์

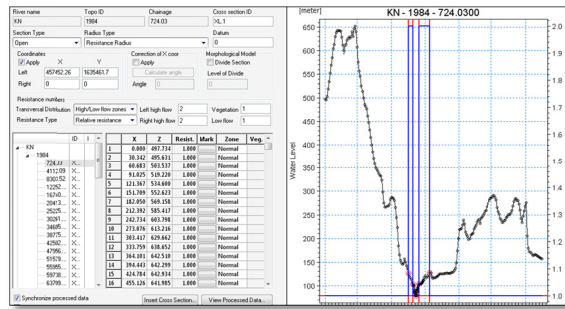
1) กำหนดพิกัดสถานีวัดน้ำท่าและข้อมูลรูปตัด
ตามขวางของสถานี K.10, K.11A, K.35A, K.36 และ
K.37

2) กำหนดพิกัดของรูปตัดตามขวางและดิ่งตั้ง
สองฝั่งของแม่น้ำแควน้อย 60 หน้าตัด แม่น้ำแควใหญ่
จำนวน 24 หน้าตัด และแม่น้ำแม่กลองจำนวน 40
หน้าตัด จากนั้นทำการลากเส้นขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม
และลากเส้น Floodplain ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการลากเส้นขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม
และลากเส้น Floodplain

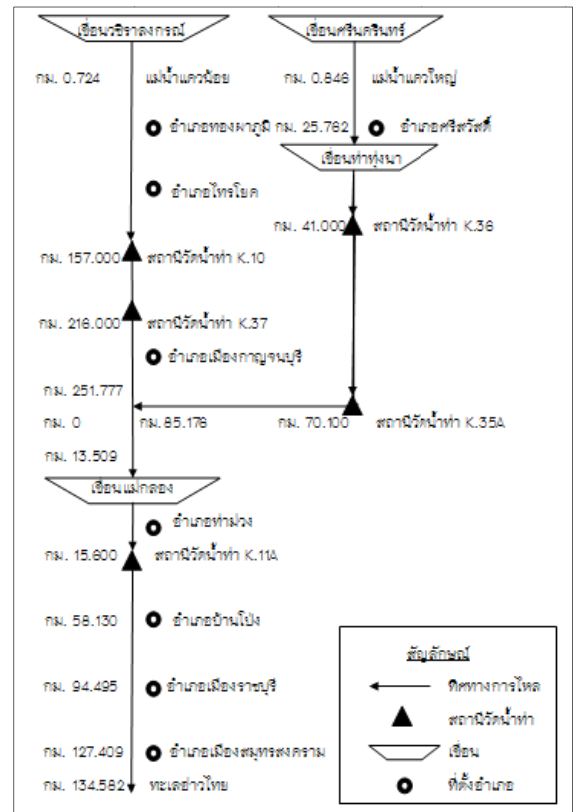
3) จากนั้นนำเขารูปตัดตามขวางของแม่น้ำแคว
น้อย แควใหญ่ และแม่กลอง ในแบบจำลองอุทก
พลศาสตร์ (HD Model) ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงรูปตัดตามขวางของแม่น้ำในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (HD Model)

3.3 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำทางด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ ของลุ่มน้ำแม่กลอง

กำหนดปริมาณการไหลทางด้านเหนือน้ำโดยกำหนดปริมาณการไหลสูงสุด 2,000 ลูกบาศก์ต่อวินาทีและทำการสมมติค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำจนได้ค่าที่ใกล้เคียงเพื่อเปรียบเทียบกับ Rating Curves ในแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (HD Model) โดยใช้สถานีวัดน้ำท่า K.10, K.11A, K.35A, K.36 และ K.37 ช่วงปี 2006-2007 แสดงเป็นแผนภูมิระบบลุ่มน้ำแม่กลอง ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภูมิระบบลุ่มน้ำแม่กลอง

3.4 การเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกศาสตร์กับเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต

ทำการเปรียบเทียบกับเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตจากสถานีวัดน้ำท่าทางด้านเหนือน้ำ K.36 และ K.10 จนถึงปากแม่น้ำแม่กลอง โดยใช้ข้อมูลปริมาณการไหล (Discharge) ของสถานีวัดน้ำท่า K.11A, K.35A และ K.37 ในลุ่มน้ำแม่กลอง ช่วงปี 2006-2007 ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง

3.5 การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมหลังจากการพังทลายของเขื่อนศรีนครินทร์

การศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองการพังทลายของเขื่อน FLDWAV ในการจำลองสภาพการพังทลายของเขื่อน โดยสมมติการพังทลายของเขื่อนในกรณีน้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน (Overtopping) ซึ่งทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุดเท่ากับ 15,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในช่วงระยะเวลา 25 ชั่วโมง โดยมีความจุอ่างเก็บน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด 18,770 ล้าน

ลูกบาศก์เมตร และวิเคราะห์หาเวลาการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมหลังจากการพังทลายของเขื่อน โดยพิจารณาจากด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์จนถึงจุดออกทะเลที่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม

3.6 การเปรียบเทียบผลการศึกษาโดยใช้ข้อมูลทางสถิติ

3.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Correlation Coefficient (CC) เป็นค่าทางสถิติที่ใช้ทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสองตัวแปร มีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 กล่าวคือใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลองกับค่าระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัดจริง โดยค่าที่ยอมรับได้ของค่าทางสถิติ ต้องมีค่าเข้าใกล้ 1 จะแสดงได้ตามสมการ

$$CC = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (5)$$

เมื่อ y = ระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง
 x = ระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัด
 n = จำนวนชุดข้อมูล

3.6.2 ค่าความแม่นยำจะใช้วิธี Root mean square error (RMSE) เป็นการประเมินความแม่นยำของค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด ถ้ามีค่าน้อยแสดงว่ามีความแม่นยำมาก ซึ่งจะแสดงวิธีคำนวณได้ดังสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad (6)$$

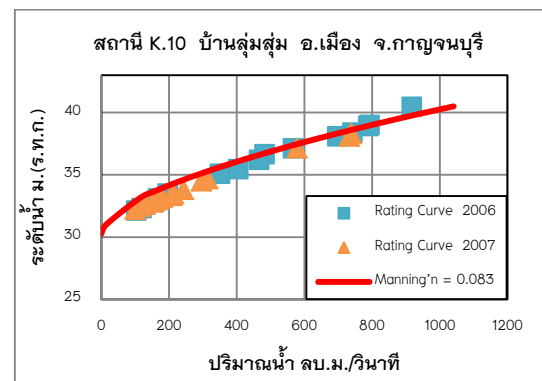
3.6.3 ค่าสัมประสิทธิ์พารามิเตอร์ Coefficient of determination (R^2) โดยค่าที่ยอมรับได้ต้องเข้าใกล้ 1 ดังสมการ

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

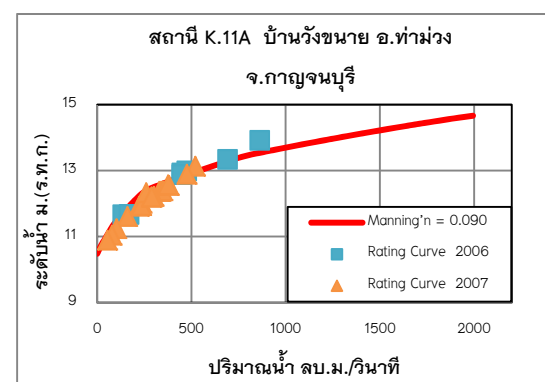
4. ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ

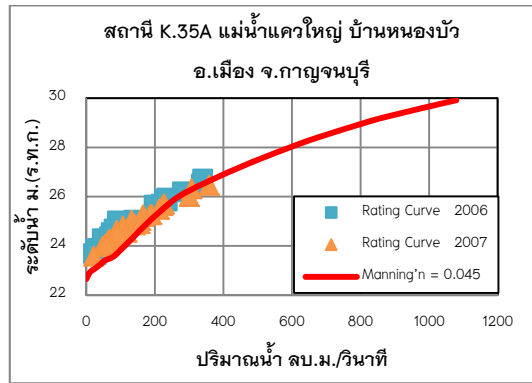
การเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ (Manning's n) ของสถานีวัดน้ำท่า K.10, K.11A, K.35A, K.36 และ K.37 ช่วงปี 2006-2007 สรุปได้ดังนี้คือ 0.083, 0.090, 0.045, 0.045 และ 0.05 ตามลำดับ ดังแสดงเป็นกราฟ Rating Curves ได้ในรูปที่ 6, 7, 8, 9 และ 10



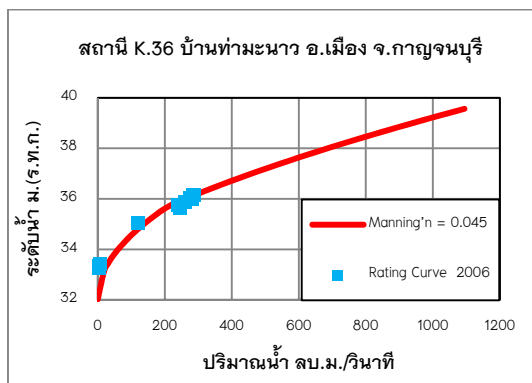
รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำของสถานี K.10



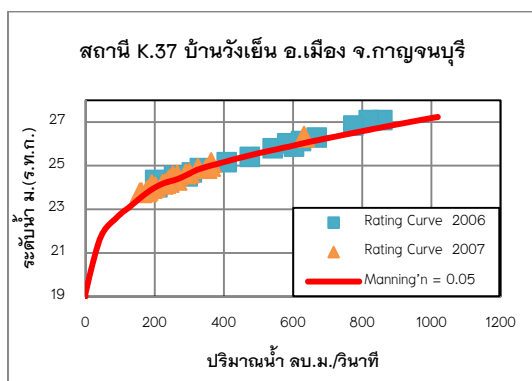
รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำของสถานี K.11A



รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำของสถานี K.35A



รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำของสถานี K.36



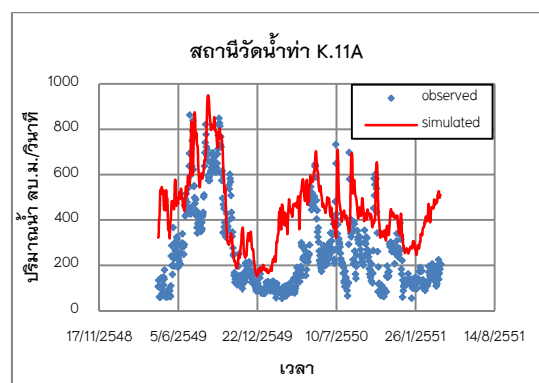
รูปที่ 10 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำของสถานี K.37

4.2 ผลจากการปรับเทียบสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีต

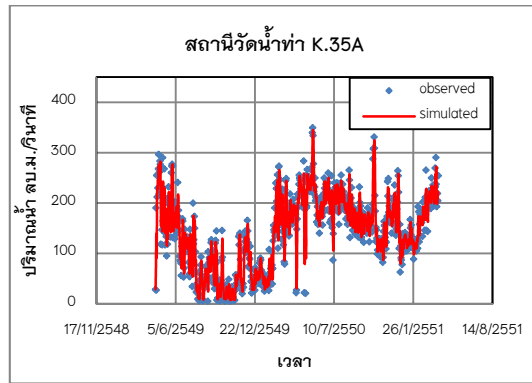
การปรับเทียบแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์สำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตจากสถานีวัดน้ำท่าทางด้านเหนือ K.36 และ K.10 จนถึงปากแม่น้ำแม่กลอง โดยทำการปรับเทียบกับปริมาณการไหล (Discharge) ของสถานีวัดน้ำท่า K.11A, K.35A และ K.37 ช่วงปี 2006-2007 โดยค่าที่ยอมรับได้ของค่าทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 1 และผลของการปรับเทียบปริมาณการไหล ดังแสดงในรูปที่ 11, 12 และ 13 ซึ่งในรูปที่ 11 จากการปรับเทียบปริมาณการไหลของสถานีวัดน้ำท่า K.11A มีตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำท่าอยู่ทางด้านท้ายน้ำของเขื่อนแม่กลอง จึงทำให้ค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จริงมีความคลาดเคลื่อน

ตาราง 1. การเปรียบเทียบผลของการปรับเทียบแบบจำลอง

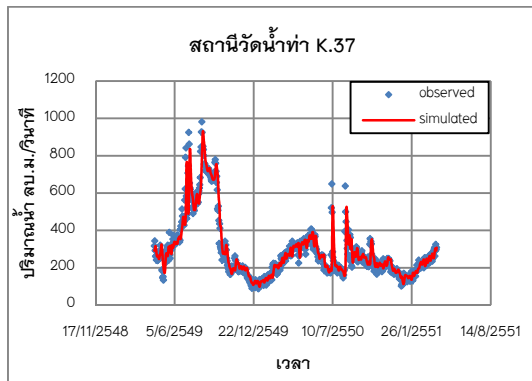
สถานีวัดน้ำท่า	Coefficient of determination (R^2)	Correlation Coefficient (CC)	RMSE (cms)
K.11A	0.496	0.704	227
K.35A	0.833	0.912	31
K.37	0.853	0.924	64



รูปที่ 11 กราฟแสดงการปรับเทียบปริมาณการไหลของสถานี K.11A



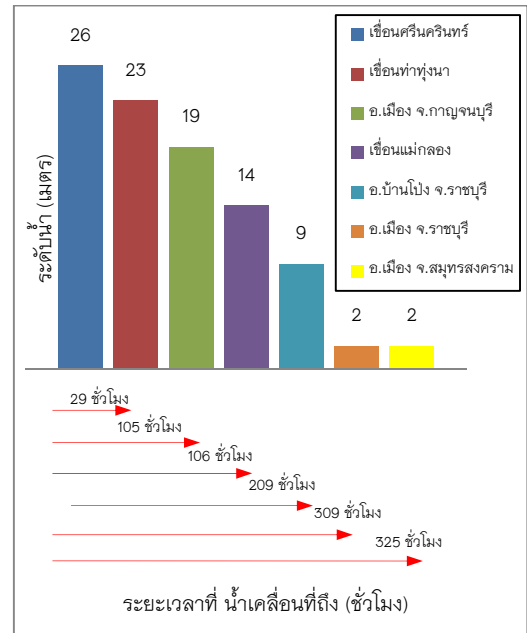
รูปที่ 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการไหล
ของสถานี K.35A



รูปที่ 13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการไหล
ของสถานี K.37

4.3 การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วม หลังจากการพังทลายของเขื่อน

จากการจำลองสภาพการพังทลายของเขื่อน โดยสมมติการพังทลายในกรณีน้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน (Overtopping) ทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุดเท่ากับ 15,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เกิดขึ้นที่เวลา 25 ชั่วโมง หลังจากเขื่อนเริ่มพังทลายและวิเคราะห์หาเวลาการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมหลังจากการพังทลายของเขื่อน โดยพิจารณาจากด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์จนถึงจุดออกทะเลที่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม รวมระยะทางตามลำน้ำ 212 กิโลเมตร ใช้เวลาเคลื่อนตัวทั้งหมด 325 ชั่วโมง โดยระดับน้ำของระยะเวลาที่น้ำเคลื่อนที่ถึงสถานที่ต่างๆแสดงในรูปที่ 14 และปริมาณการไหลสูงสุดและเวลาการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วม แสดงในตารางที่ 2



* โดยนาระดับน้ำ ม.(รทก.) ไปลบออกจากระดับต่อน้ำ ในรูปตัดลำน้ำ

รูปที่ 14 แสดงระดับน้ำของระยะเวลาที่น้ำเคลื่อนที่ถึง

ตาราง 2. สรุปปริมาณการไหลสูงสุดและเวลาการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วมหลังจากการพังทลายของเขื่อน

สถานที่	ระยะทางในแม่น้ำ	ปริมาณการไหลสูงสุด		เวลาการเคลื่อนตัว
	(กม.)	(ลบ.ม./วินาที)	เวลาที่เกิด (ชั่วโมง)	
เขื่อนศรีนครินทร์	0	15,006	25	0
เขื่อนท่าทุ่งนา	25	14,883	29	29
อ.เมือง จ.กาญจนบุรี	67	13,623	105	76
เขื่อนแม่กลอง	6	13,619	106	1
อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี	45	12,729	209	103
อ.เมือง จ.ราชบุรี	36	11,247	309	100
อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม	33	10,777	325	16

5. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำทางด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ ในลุ่มน้ำแม่กลอง ของสถานีวัดน้ำท่า K.10, K.11A, K.35A, K.36 และ K.37 ช่วงปี 2006-2007 ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ (Manning'n) 0.083, 0.090, 0.045, 0.045 และ 0.05 ตามลำดับ การปรับเทียบสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมในอดีตจากสถานีวัดน้ำท่าทางด้านเหนือ K.36 และ K.10 จนถึงปากแม่น้ำแม่กลอง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงให้ค่าทางสถิติที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากนั้นสมมติการพังทลายของเขื่อนในกรณีน้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน ซึ่งทำให้เกิดปริมาณการไหลสูงสุดเท่ากับ 15,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เกิดขึ้นที่เวลา 25 ชั่วโมง หลังจากเขื่อนเริ่มพังทลาย และวิเคราะห์หาเวลาการเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำท่วม หลังจากการพังทลายของเขื่อน โดยพิจารณาจากด้านท้ายเขื่อนศรีนครินทร์จนถึงจุดออกทะเลที่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม รวมระยะทางตามลำน้ำ 212 กิโลเมตร ใช้เวลาเคลื่อนตัวทั้งหมด 325 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าระยะเวลาที่ปริมาณการไหลสูงสุดจากการพังทลายของเขื่อนเคลื่อนตัวถึงจุดพิจารณาที่สำคัญ ได้แก่ เขื่อนท่าทุ่งนา, อ.เมือง จ.กาญจนบุรี, เขื่อนแม่กลอง, อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี, อ.เมือง จ.ราชบุรี และ อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม เท่ากับ 29 ชั่วโมง (1 วัน 4 ชั่วโมง), 105 ชั่วโมง (4 วัน 9 ชั่วโมง), 106 ชั่วโมง (4 วัน 10 ชั่วโมง), 209 ชั่วโมง (8 วัน 17 ชั่วโมง), 309 ชั่วโมง (12 วัน 21 ชั่วโมง) และ 325 ชั่วโมง (13 วัน 13 ชั่วโมง) ตามลำดับ

6. กิตติกรรมประกาศ

จากศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการตีพิมพ์จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และขอขอบคุณหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง กับ ได้แก่ กรมชลประทาน กรมเจ้าท่า โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนแม่กลอง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ขอขอบพระคุณคณาจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการให้คำปรึกษาการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] บุญเตียง กวีศักดิ์, 2547. การศึกษาการพังทลายของเขื่อนและจำลองแบบการการไหลของคลื่นน้ำป่าเขื่อนทับเสลา จังหวัดอุทัยธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [2] นันทิพย์ สร้อยสังวาลย์, 2547. การจำลองสภาพน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำในกรณีสมมติเกิดการพังทลายของเขื่อนคลองมะเดื่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] เรืองวิทย์ วานิชพงษ์พันธุ์, 2551. การจำลองสภาพน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำในกรณีการพังทลายของเขื่อนแม่กวังจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] Electricity Generating Authority of Thailand. 1989. Basic data of dam including maximum design flood and criteria for flood routing.
- [5] Migena Zagonjoli. 2007. Dam Break Modelling, Risk Assessment and Uncertainty Analysis for Flood Mitigation. London : Taylor and Francis Group plc.