



รายงานการวิจัยการพัฒนากการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์  
เสนอ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

การศึกษาและวิจัยเพื่อวิเคราะห์อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่ง  
กระจานด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

A Research and Study to Analysis The Flow Through The Kaeng  
Krachan Dam Breach by Physical Modeling

รหัสโครงการ PRP6205030560

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.จิระกานต์ ศิริวิชญ์ไมตรี  
ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร์  
รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์

หัวหน้าโครงการ  
ผู้ร่วมโครงการ  
ผู้ร่วมโครงการ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)  
ประจำปีงบประมาณ 2562

## กิตติกรรมประกาศ ( Acknowledgements)

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้ให้การสนับสนุนสิ่งจำเป็นต่าง ทั้งพื้นที่ทำการวิจัย อุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำการวิจัย และบุคลากรที่มาช่วยทำการวิจัย ซึ่งได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณกรมชลประทานและข้าราชการในการให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวข้องกับเขื่อนแก่งกระจาน และยังได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร ในการที่โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนการพัฒนาการวิจัยการเกษตร จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร ในปีงบประมาณ2562

คณะผู้วิจัย  
กุมภาพันธ์ 2563

## บทคัดย่อ

พื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ในทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำให้เป็นพื้นที่ที่มีความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและประชากรอย่างรวดเร็ว ปัญหาอุทกภัยเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในพื้นที่นี้ เนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตกชุก และรุนแรงเป็นบางครั้ง ทำให้เกิดอุทกภัยหลายครั้งในแต่ละปี โดยบริเวณพื้นที่เขื่อนแก่งกระจานเป็นที่ที่มีปัญหาการระบายน้ำไม่ทันอยู่บ่อยครั้ง

การศึกษาและวิจัยการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจานในครั้งนี้ มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงความรุนแรงของอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้นจากการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจาน เป็นการศึกษาปริมาณน้ำที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการพิบัติและเพื่อรวบรวมข้อมูลเพื่อเตรียมความพร้อมในการรับมือกับภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเกิดอุทกภัยที่รุนแรงขึ้นในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณน้ำค่าอัตราการไหลสูงสุด และทำการสร้างกราฟการไหลของน้ำเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน โดยการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานแล้วทำการจำลองการแตกของเขื่อนเพื่อตรวจวัดการไหลของน้ำที่เกิดจากการพิบัติของเขื่อน

ผลการศึกษาการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานสามารถคาดเดาได้ว่าปริมาณน้ำที่จะไหลทะลักออกมาทั้งหมด จะอยู่ระหว่าง 800 ล้าน ลบ.ม. ถึง 1200 ล้าน ลบ.ม. เท่ากับปริมาตรที่ระดับเก็บกักสูงสุด และปริมาตรของน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อน โดยมีค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ปริมาณ 70,000 ลบ.ม. ต่อวินาที ซึ่งจะทำให้น้ำท่วมพื้นที่จังหวัดเพชรบุรีส่วนตะวันออกเป็นวงกว้าง ฉะนั้นการศึกษาเพื่อรับมือกับอุทกภัยที่เกิดจากการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานจึงมีความจำเป็นต่อการวางแผนเพื่อรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้

สำหรับแนวทางทางการรับมือจากผลกระทบและการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน ผู้วิจัยจึงได้นำผลการศึกษาด้านนี้มาไว้ในแผนงานวิจัยนี้ในภาคผนวก ก ซึ่งสรุปได้ว่า การพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานที่มีโอกาสเกิดมากที่สุด จะเป็นกรณีเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 พังทลายจนถึงระดับสันอาคารระบายน้ำล้นที่ 99.00 ม.(รทก.) กำหนดระดับน้ำเริ่มต้น 99.00 ม.(รทก.) เริ่มพิบัติที่ระดับ 103.00 ม.(รทก.) ระดับสิ้นสุดการพิบัติที่ระดับ 99.00 ม.(รทก.) ปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนสูงสุด 6,655 ลบ.ม.ต่อวินาที ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มพิบัติจนสิ้นสุด 4 ชั่วโมง เวลาเดินทางของน้ำนับจากเกิดการพิบัติไปยังเขื่อนเพชร ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ความลึกน้ำสูงสุด 3.0 เมตร ที่บริเวณตำบล บางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 818 ตร.กม. (511,250 ไร่) ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังในพื้นที่ตอนล่างลุ่มน้ำเพชรบุรีประมาณ 3 วัน

ผลการวิเคราะห์หาตำแหน่งพื้นที่อพยพพิจารณาจากแผนที่น้ำท่วมกรณีฝนตกหนักและมีการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน คลื่นน้ำหลากจะใช้เวลาเดินทางประมาณ 24 ชั่วโมง จนถึงตัวเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีเวลาเพียงพอในการแจ้งเตือนให้ราษฎรเคลื่อนย้ายทรัพย์สินขึ้นที่สูงและทำการอพยพไปยังจุดที่กำหนดไว้จำนวนทั้งสิ้น 13 จุด และพื้นที่อพยพที่กำหนดขึ้นนี้อาจปรับเปลี่ยนเป็นศูนย์ให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยหลังจากเหตุการณ์ภัยพิบัติสิ้นสุดลง

ลักษณะพื้นที่จากเขื่อนแก่งกระจานถึงตัวเมืองเพชรบุรี สามารถแบ่งโซนในการอพยพได้ 2 โซน ได้แก่ จากเขื่อนแก่งกระจานถึงจุดบรรจบห้วยแม่ประจันต์และเขื่อนเพชร ในโซนนี้จะกำหนดจุดอพยพไว้ทั้งสิ้น 5 จุด ได้แก่ วนอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน วนอุทยานชะอำ วนอุทยานเขานางพันธุรัต ค่ายเพชรโยธิน และวัดโตนดหลวง และโซนอพยพที่ 2 ได้แก่ ตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรถึงตัวเมืองเพชรบุรี กำหนดจุดไว้ 8 จุด ได้แก่ วัดหนองจอก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โรงเรียนวัดใหม่ท่าศิริ โรงเรียนพรหมานุสรณ์ ศาลาประชาคมอำเภอบ้านแหลม วัดลักษณาราม วัดหนองหญ้าปล้อง และวัดหนองชุมพล

## สารบัญเรื่อง

เนื้อเรื่อง	หน้า
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
วิธีการดำเนินการวิจัย	7
การสร้างแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน	8
การทดลองการพังทลายของแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจาน	18
ผลการทดลองการพังทลายของเขื่อน	20
ผลการวิเคราะห์การไหลของน้ำภายในอ่างเก็บน้ำโดยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย	22
ผลการทดลองการไหลล้นสันเขื่อน	23
วิจารณ์ผลการทดลอง	27
สรุปและข้อเสนอแนะ	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก ก ข้อมูลเขื่อนแก่งกระจาน	31
ภาคผนวก ข1 ภาพถ่ายขั้นตอนการพิบัติของเขื่อนจำลองไม่มีแกน	35
ภาคผนวก ข2 ภาพถ่ายขั้นตอนการพิบัติของเขื่อนจำลองที่มีแกนดินเหนียว	40
ภาคผนวก ค1 ภาพถ่ายการเคลื่อนตัวของน้ำด้านทิศตะวันตกของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน หลังเกิดการพิบัติของเขื่อน	46
ภาคผนวก ค2 ภาพถ่ายการเคลื่อนตัวของน้ำด้านทิศตะวันออกของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน หลังเกิดการพิบัติของเขื่อน	53
ภาคผนวก ง การศึกษาการพิบัติเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์	59

## สารบัญตาราง

ลำดับที่		หน้า
1.	Uncertainty estimates of peak flow prediction equations	4
2.	Uncertainty estimates of breach width and failure times prediction equation	5

## สารบัญภาพ

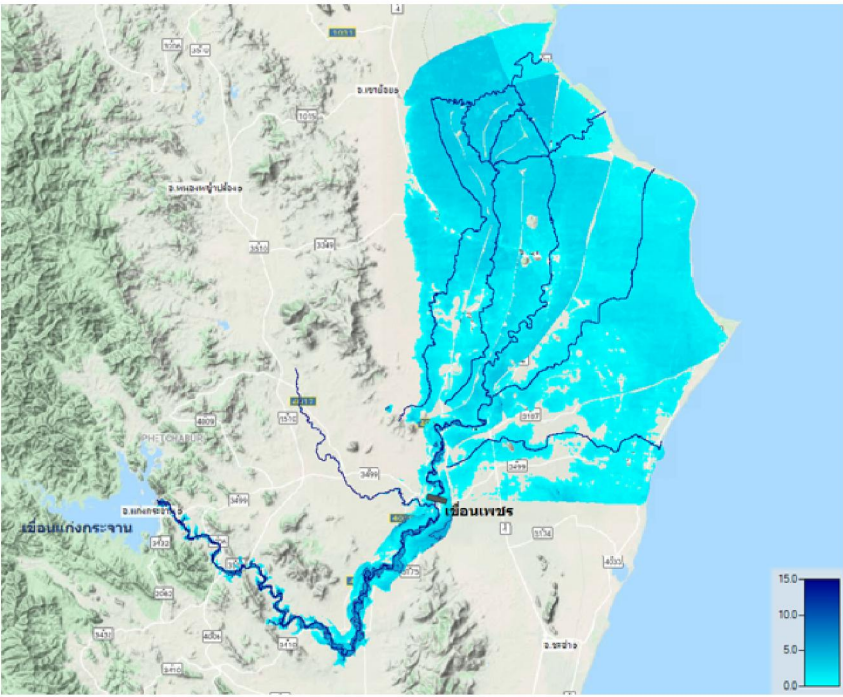
ลำดับที่	หน้า
2.1 ภาพถ่ายดาวเทียมอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจาก Google map เมื่อวันที่ 13 กพ. 2559	9
2.2 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในประเทศไทยแสดงในเว็บ <a href="http://www.thaiwater.net">www.thaiwater.net</a>	9
2.3 ภาพแสดงรูปร่างอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน เมื่อวันที่ 30 มค. 2557	10
2.4 การคำนวณปริมาณอ่างเก็บน้ำจำลองด้วยวิธีระดับ-พื้นที่	11
2.5 กราฟเปรียบเทียบเส้นระดับ-ปริมาตรความจุจริงและความจุของแบบจำลอง	12
2.6 การดำเนินงานก่อสร้างโครงสร้างฐานรองยกระดับแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน	12
2.7 เริ่มสร้างคันดินตามแนวสันอ่างเก็บน้ำ	13
2.8 สร้างสันอ่างเก็บน้ำที่สร้างตามพิกัดจากภาพถ่ายดาวเทียม	13
2.9 ภาพมุมสูงสันอ่างเก็บน้ำที่สร้างตามพิกัดภาพถ่ายดาวเทียม	14
2.10 การกำหนดตำแหน่งพิกัดตามภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อกำหนดจุดสำรวจ	14
2.11 การรองพื้นอ่างเก็บน้ำด้วยทรายเพื่อปรับปริมาตรของอ่างเก็บน้ำจำลอง	15
2.12 การรองพื้นอ่างด้วยแผ่นพลาสติกและการทดสอบปริมาตรน้ำในอ่างจำลอง	16
2.13 การดาดคอนกรีตที่พื้นอ่างเก็บน้ำจำลอง	16
2.14 การติดตั้งระบบกล้องตรวจวัดน้ำในอ่างเก็บน้ำจำลอง	17
2.15 แสดงระบบกล้องตรวจวัดน้ำในอ่างเก็บน้ำจำลอง	17
2.16 ภาพด้านหน้าแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจาน	19
2.17 ภาพด้านข้างแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจาน	19
2.18 อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน	20
2.19 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานหลังเกิดการพิบัติของเขื่อน	21
2.20 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานหลังเกิดการพิบัติของเขื่อน	21

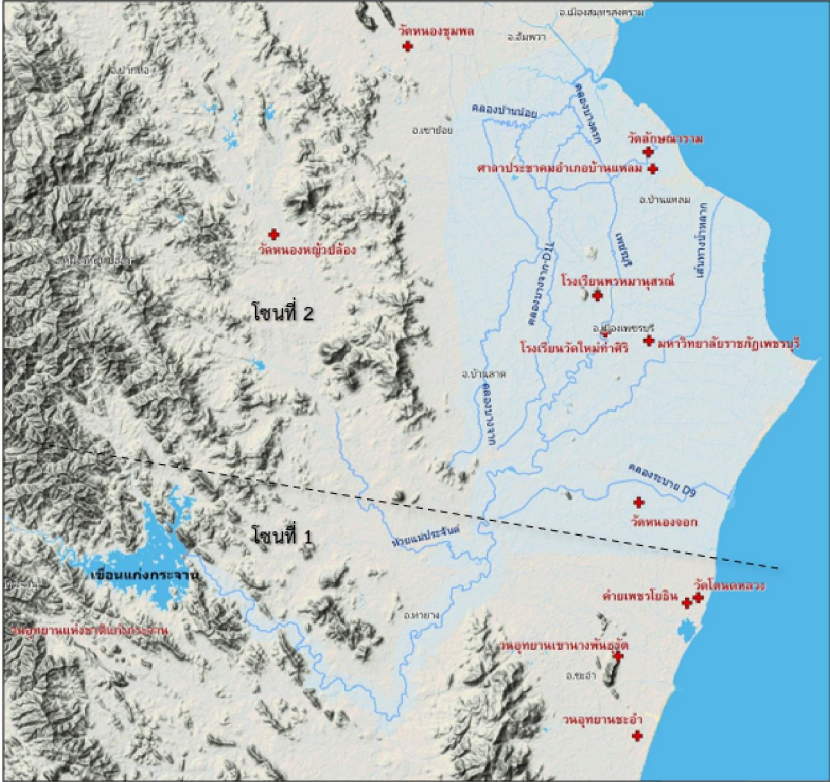
## สารบัญภาพ(ต่อ)

ลำดับที่	หน้า
2.21 แสดงผลการคำนวณความเร็วการไหลในอ่างเก็บน้ำ(ด้านทิศตะวันตก) โดยการวิเคราะห์ภาพถ่าย	22
2.22 แสดงผลการคำนวณความเร็วการไหลในอ่างเก็บน้ำ(ด้านทิศตะวันออก) โดยการวิเคราะห์ภาพถ่าย	23
2.23 การสร้างแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจากดินเหนียว	24
2.24 แบบรูปตัดตามยาวเขื่อนแก่งกระจาน (กรมชลประทาน)	24
2.25 ภาพแสดงการทำลองการไหลข้ามสันเขื่อนแก่งกระจานจำลอง	25
2.26 ภาพการไหลล้นข้ามสันเขื่อนแก่งกระจานจำลอง	25
2.27 Rating Curve ของการไหลข้ามสันเขื่อน	26

สรุปภาพรวมทั้งหมดของการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
<p>1. การวิเคราะห์อัตราการไหลข้ามสันเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองทางกายภาพ</p>	<p>การวิเคราะห์อัตราการไหลข้ามสันเขื่อนแก่งกระจาน สามารถวิเคราะห์ได้จากการทำการทดลองในแบบจำลองทางกายภาพของเขื่อนแก่งกระจานในห้องปฏิบัติการ โดยมีสมมุติฐานในการทำการทดลองว่า เขื่อนจำลองไม่มีการพังทลาย ไม่มีการระบายน้ำที่จุดอื่นๆของเขื่อน มีเพียงการไหลข้ามสันเขื่อน ในการทดลอง ข้อมูลอัตราการไหลข้ามสันเขื่อนที่ได้จากการทำการทดลองกับแบบจำลอง ถูกนำมาวิเคราะห์และคำนวณด้วยอัตราส่วนตามความสัมพันธ์ของขนาดเขื่อนจริงและเขื่อนจำลอง เพื่อทำการคำนวณอัตราการไหลที่จะเกิดขึ้นกับเขื่อนจริง ได้เป็นสมการดังนี้</p> $y = 2E-12x^3 - 5E-08x^2 + 0.0007x + 0.1182$ <p>โดย <math>y =</math> ระดับน้ำเหนือสันเขื่อน (เมตร)</p> <p><math>x =</math> อัตราการไหลของน้ำข้ามสันเขื่อน (ลบ.ม.)</p>
<p>2. การวิเคราะห์อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองทางกายภาพ</p>	<p>การวิเคราะห์อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน ในการทดลองได้มีการตั้งสมมุติดังนี้ 1.อ่างเก็บน้ำไม่มีการระบายน้ำที่ตำแหน่งอื่นๆ 2. การพังทลายของเขื่อนเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำเต็มเขื่อน</p> <p>ผลการทดลองการพังทลายของเขื่อนที่ทดสอบ การทดลองแสดงให้เห็นว่าการพังทลายของแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานด้วยสาเหตุไหลลอดใต้ตัวเขื่อนและที่บริเวณด้านข้างของเขื่อน เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีแรงดันสูงสุด ทำให้การไหลของผ่านใต้ตัวเขื่อน มีปริมาณมากกว่าปกติส่งผลให้เกิดการพังทลายขึ้นในบริเวณใต้เขื่อนตัวอย่างขั้นตอนการพังทลายของเขื่อนแสดงในภาคผนวก ข1. ในทุกๆครั้งที่ทำการทดลอง จุดเริ่มต้นการพังทลายจะเริ่มที่ใต้ฐานเขื่อนหรือมุมใต้ฐานเขื่อนด้านใดด้านหนึ่ง เมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อน เริ่มจากการกัดเซาะของน้ำที่บริเวณฐานเขื่อนจนทำให้ตัวเขื่อนไม่สามารถรับแรงดันของน้ำได้ โครงสร้างด้านเหนือน้ำของเขื่อนเริ่มแตกร้าวยุบตัวลงเนื่องจากแรงดันน้ำใต้ฐานเขื่อน สันเขื่อนเขื่อนเริ่มมีการขยับตัวยุบลงเรื่อยๆทางด้านท้ายน้ำ การพังทลายของสันเขื่อนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เดียวกันกับการไหลของน้ำที่ไหลข้ามสันเขื่อนที่รอยแตกร้าวที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงแรกของการแตก การไหลของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการแตกของสันเขื่อน จนเมื่อระดับน้ำในเขื่อนลดลง ปริมาณน้ำค่อยๆลดลงเรื่อยๆเนื่องจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลง สุดท้ายตัวเขื่อนจำลองถูกน้ำพัดไปจนหมด</p> <p>อัตราการไหลสูงสุดที่ 78,000 ลบ.เมตร ต่อวินาที เกิดขึ้นที่เวลาประมาณ 2 ชม. ภายหลังจากเขื่อนเริ่มมีการพิบัติโดยการไหลของน้ำข้ามสันเขื่อน แล้วจึงเริ่มเกิดการพิบัติของเขื่อนจำลอง การพิบัติของเขื่อนทั้งหมดมีระยะเวลาประมาณ 19 ชม. ตั้งแต่เริ่มต้นจนน้ำไหลหมดอ่างเก็บน้ำ</p>

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
<p>3. การวิเคราะห์อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์</p>	<p>การศึกษาการพิบัติเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์และแนวทางการปฏิบัติในการเตรียมความพร้อมรับมือสถานการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งสรุปได้ว่าการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานที่มีโอกาสเกิดมากที่สุด จะเป็นกรณีเขื่อนปิดช่องเขาต่ำแห่งที่ 2 พังทลายจนถึงระดับสันอาคารระบายน้ำล้นที่ 99.00 ม.(รทก.) กำหนดระดับน้ำเริ่มต้น 99.00 ม.(รทก.) เริ่มพิบัติที่ระดับ 103.00 ม.(รทก.) ระดับสิ้นสุดการพิบัติที่ระดับ 99.00 ม.(รทก.) ปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนสูงสุด 6,655 ลบ.ม.ต่อวินาที ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มพิบัติจนสิ้นสุด 4 ชั่วโมง เวลาเดินทางของน้ำนับจากเกิดการพิบัติไปยังเขื่อนเพชร ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ความลึกน้ำสูงสุด 3.0 เมตร ที่บริเวณตำบล บางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 818 ตร.กม. (511,250 ไร่) ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังในพื้นที่ตอนล่างลุ่มน้ำเพชรบุรีประมาณ 3 วัน</p>  <p>รูปที่ 7.3.2-4 แผนที่น้ำท่วมจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาต่ำแห่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม.(รทก.)</p>
<p>4. แนวทางการรับมือจากผลกระทบและการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน</p>	<p>ผลการวิเคราะห์หาตำแหน่งพื้นที่อพยพพิจารณาจากแผนที่น้ำท่วมกรณีฝนตกหนักและมีการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน คลื่นน้ำหลากจะใช้เวลาเดินทางประมาณ 24 ชั่วโมง จนถึงตัวเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีเวลาเพียงพอในการแจ้งเตือนให้ราษฎรเคลื่อนย้ายทรัพย์สินขึ้นที่สูงและทำการอพยพไปยังจุดที่กำหนดไว้จำนวนทั้งสิ้น 13 จุด และพื้นที่อพยพที่กำหนดขึ้นนี้อาจปรับเปลี่ยนเป็นศูนย์ให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยหลังจากเหตุการณ์ภัยพิบัติสิ้นสุดลง</p> <p>ลักษณะพื้นที่จากเขื่อนแก่งกระจานถึงตัวเมืองเพชรบุรี สามารถแบ่งโซนในการอพยพได้ 2 โซน ได้แก่ จากเขื่อนแก่งกระจานถึงจุดบรรจบห้วยแม่ประจันต์ และเขื่อนเพชร ในโซนนี้จะกำหนดจุดอพยพไว้ทั้งสิ้น 5 จุด ได้แก่ วนอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน วนอุทยานชะอำ วนอุทยานเขานางพันธุรัต ค่ายเพชรโยธิน</p>

แผนการดำเนินงาน	ผลการปฏิบัติงาน
	<p>และวัดโตนดหลวง และโซนอพยพที่ 2 ได้แก่ ตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรถึงตัวเมืองเพชรบุรี กำหนดจุดไว้ 8 จุด ได้แก่ วัดหนองจอก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โรงเรียนวัดใหม่ท่าศิริ โรงเรียนพรหมานุสรณ์ ศาลาประชาคมอำเภอบ้านแหลม วัดลักษณาราม วัดหนองหญ้าปล้อง และวัดหนองชุมพล</p>  <p>รูปที่ 8.4.3-1 จุดอพยพน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี</p>

## บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันจากการเจริญเติบโตทางเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมมีการกระจายตัวและเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปัญหาของความต้องการน้ำและการบริหารจัดการน้ำทวีความรุนแรงมากขึ้นตามลำดับ การวางแผนการบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพจะเป็นการป้องกันความเสียหายที่มาจาก การขาดน้ำหรือเป็นการป้องกันปัญหาการมีปริมาณน้ำมากเกินไปซึ่งจะทำให้เกิดน้ำท่วม อีกทั้งจะเป็นการช่วยลดปัญหาความขาดแคลนที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคตได้

ในพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีมีเขื่อนต่างๆที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำไว้ใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ เขื่อนแก่งกระจานเป็นเขื่อนที่มีความจุไม่มาก แต่มีความสำคัญต่อพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเขื่อนขนาดใหญ่ในประเทศไทยเขื่อนแก่งกระจานจัดว่ามีขนาดเล็กตั้งอยู่ตอนกลางของลุ่มน้ำเพชรบุรี ตัวเขื่อนสร้างจากดินกั้นแม่น้ำเพชรบุรีมีความสามารถเก็บน้ำได้ 710 ล้านลบ.ม. เป็นเขื่อนที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของประชากรในพื้นที่

การพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานสามารถเกิดได้หลากหลายกรณี มีทั้งปัจจัยภายในและนอก เช่น การควบคุมปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ การเกิดแผ่นดินไหว การไหลซึมผ่านตัวเขื่อนมากผิดปกติ เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์สาเหตุของการพิบัติจากการไหลล้นสันเขื่อนด้วยแบบจำลองกายภาพของเขื่อนดิน ซึ่งจะทำให้การวิจัยโดยการสร้างแบบจำลองกายภาพในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์เพื่อหารูปแบบการพังทลายของตัวเขื่อนดิน

โครงการวิจัยการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจานจะช่วยให้มีข้อมูลที่สำคัญต่อการบริหารจัดการเมื่อเกิดอุทกภัย ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์พิบัติของเขื่อนจะส่งผลให้เกิดปริมาณน้ำท่วมมหาศาลในบริเวณพื้นที่ท้ายเขื่อน ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่มีความสำคัญต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชากร การไหลของน้ำท่วมสามารถทำการวิเคราะห์และคำนวณปริมาณน้ำที่จะสามารถเกิดขึ้นได้จากการพังทลายของตัวเขื่อน การพังทลายสามารถเกิดขึ้นได้จากสาเหตุต่างๆ เช่น การไหลล้น การยุบตัวของตัวเขื่อน ทั้งนี้จะส่งผลต่อความเป็นอยู่ของประชากรและเศรษฐกิจอีกด้วย

ข้อมูลจากการศึกษาและวิจัยการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจานครั้งนี้ จะสามารถนำไปใช้ในการศึกษารูปแบบของการพิบัติของเขื่อนและสาเหตุต่างๆที่สามารถทำให้เกิดการพิบัติได้ ซึ่งมีการจำลองการพิบัติโดยการไหลล้นตัวเขื่อน และการไหลล้นสันเขื่อนที่อาจจะทำให้เกิดการพิบัติขึ้นได้ ข้อมูลจากการศึกษาจะสามารถช่วยให้หาวิธีการป้องกันการพังทลายของเขื่อนและช่วยในการวางแผนในกรณีที่เกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานได้

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

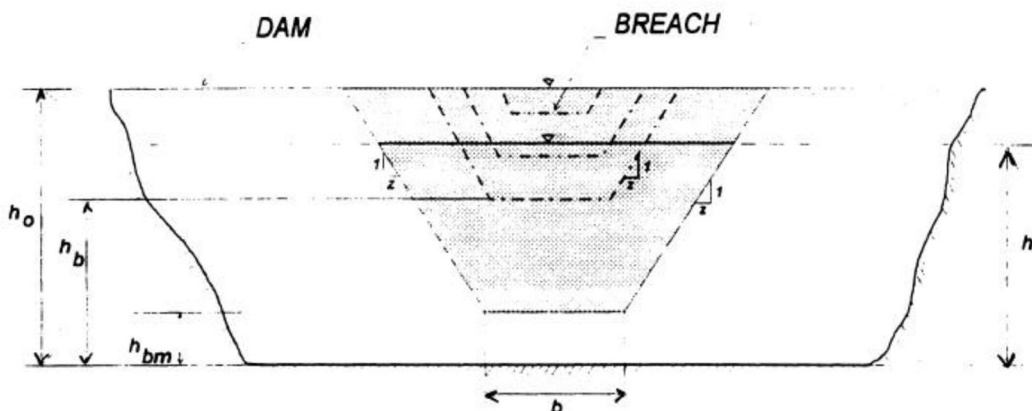
ทำการศึกษาการไหลของน้ำในขณะที่เกิดการพังทลายของแบบจำลองทางกายภาพของเขื่อนแก่งกระจาน ศึกษาการไหลของน้ำเมื่อเกิดการพังทลาย และ แบบจำลองการไหลทางคณิตศาสตร์ของไหล

## ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาการไหลของน้ำในขณะที่เกิดการพังทลายของแบบจำลองทางกายภาพของเขื่อนแก่งกระจาน โดยการทำการจำลองการพังทลายของแบบจำลองทางกายภาพของเขื่อน ศึกษาการไหลของน้ำเมื่อเกิดการพังทลาย ทำการสร้าง Flood Hydrograph และ แบบจำลอง

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การพิบัติของเขื่อนถล่มเกิดได้หลายสาเหตุเช่น น้ำล้นเขื่อน โครงสร้างหรือฐานรากพังทลาย โดยสาเหตุสำคัญของการพิบัติของเขื่อนถล่มส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขณะที่มีปริมาณน้ำเต็มเขื่อน ซึ่งเป็นสถานะที่เขื่อนต้องรับแรงดันสูงสุด ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำจะไหลออกทางทางระบายน้ำล้น ปริมาณน้ำที่เกิดจากฝนตกหรือที่เกิดจากพายุอาจจะทำให้เกินความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้นได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดการไหลล้นสันเขื่อน จะทำให้เกิดการแตกของเขื่อนดังแสดงในภาพที่ 1 นอกจากนั้นการรั่วซึมของน้ำจากด้านหน้าเขื่อน ซึ่งจะเกิดขึ้นมากในขณะที่มีน้ำเต็มเขื่อน ระดับน้ำที่มีแรงดันสูงมากจะมีแรงดันให้น้ำไหลผ่านตัวเขื่อนและฐานรากเขื่อนมากขึ้น



ภาพที่ 1 Front View of Dam Showing Formation of Breach.

จากการศึกษาของ Fread (1981,1984) ซึ่งได้พัฒนาความสัมพันธ์ของอัตราการไหลสูงสุดและเวลาการเกิดโดยสามารถคำนวณประมาณการไหลสูงสุดจากการแตกของเขื่อนได้จากสมการที่ 1

$$Q_p = 3.1 b_{av} [C / (t_f + C / H_d 0.5)]^3 \quad (1)$$

Where

$Q_p$  = the peak breach outflow in cfs,

$b_{av}$  = the average breach width in feet,

$t_f$  = the breach formation time in hours,

$H_d$  = the height of the dam in feet, and

$C$  =  $23.4 S_a / b_{av}$  in which  $S_a$  is the reservoir surface area (acres)

การพิบัติของเขื่อนดินสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุดังที่แสดงในภาพที่ 2 แสดงถึงการพิบัติของเขื่อนดินเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น การไหลล้นข้ามสันเขื่อน การที่เกิดโพรงภายในตัวเขื่อนหรือฐานราก การทรุดตัวของเขื่อนหรือฐานราก การพังทลายของดินที่ผิวด้านหน้าหรือหลังของเขื่อน เป็นต้น

การทดลองในห้องปฏิบัติการของ F. Hooshyaripor และคณะ ซึ่งได้ทำการทดลองเพื่อคำนวณการไหลของน้ำเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน ได้แสดงสมการในการคำนวณดังนี้

$$H_{max} = \frac{0.336(Z+0.535)^{0.125}}{(X+3.70)^{0.221}} L_r^{0.104} V_r^{0.092} \quad (2)$$

Where      Hmax = Maximum water level  
               X = non-dimensional distance of any location to the gate  
               Z = side slope of the dam  
               Lr = non-dimensional length of the reservoir  
               Vr = non-dimensional volume of the reservoir

$$Q_p = \frac{0.196(Z+2.25)^{0.029}}{(X+2.47)^{0.346}} L_r^{0.411} V_r^{0.587} \quad (3)$$

Where      Qp = Maximum peak discharge  
               X = non-dimensional distance of any location to the gate  
               Z = side slope of the dam  
               Lr = non-dimensional length of the reservoir  
               Vr = non-dimensional volume of the reservoir

หน่วยงาน *US Department of Agriculture* ได้ ทำการรวบรวมสมการที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุดเมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อนดังแสดงในตารางที่ 1 สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าอัตราการไหลแต่ละสมการ ได้มีการตรวจสอบกับเหตุการณ์การพิบัติของเขื่อนเพื่อตรวจสอบความน่าจะเป็น ที่สมการจะประเมินอัตราการไหลสูงสุดได้อย่างถูกต้อง และค่าความผิดพลาดของประเมินได้แสดงในค่า *Mean Prediction Error* ค่าความกว้างตัวของข้อมูลได้แสดงในค่า *Width of Uncertainty*

Table 1 Uncertainty estimates of peak flow prediction equations.\*<sup>14</sup>

Equation	Number of Case Studies		Mean Prediction Error, $\bar{e}$ (log cycles)	Width of Uncertainty Band, $\pm 2S_e$ (log cycles)	Prediction interval around a hypothetical predicted value of 1.0
	Before outlier exclusion	After outlier exclusion			
<b>PEAK FLOW EQUATIONS (continued)</b>					
<b>Singh and Snorrason (1984)</b>					
$Q_p = 13.4(h_d)^{1.89}$	38	28	+0.19	$\pm 0.46$	0.23 — 1.9
$Q_p = 1.776(S)^{0.47}$	35	34	+0.17	$\pm 0.90$	0.08 — 5.4
<b>MacDonald and Langridge-Monopolis (1984)</b>					
$Q_p = 1.154(V_w \cdot h_w)^{0.412}$	37	36	+0.13	$\pm 0.70$	0.15 — 3.7
$Q_p = 3.85(V_w \cdot h_w)^{0.411}$ envelope equation	37	36	+0.64	$\pm 0.70$	0.05 — 1.1
<b>Costa (1985)</b>					
$Q_p = 1.122(S)^{0.57}$ envelope equation	35	35	+0.69	$\pm 1.02$	0.02 — 2.1
$Q_p = 0.981(S \cdot h_d)^{0.42}$	31	30	+0.05	$\pm 0.72$	0.17 — 4.7
$Q_p = 2.634(S \cdot h_d)^{0.44}$ envelope equation	31	30	+0.64	$\pm 0.72$	0.04 — 1.22
<b>Evans (1986)</b>					
$Q_p = 0.72(V_w)^{0.53}$	39	39	+0.29	$\pm 0.93$	0.06 — 4.4
<b>Froehlich (1995a)</b>					
$Q_p = 0.607(V_w^{0.295} h_w^{1.24})$	32	31	-0.04	$\pm 0.32$	0.53 — 2.3
<b>Walder and O'Connor (1997)</b>					
$Q_p$ estimated using method based on relative erodibility of dam and size of reservoir	22	21	+0.13	$\pm 0.68$	0.16 — 3.6
<b>Kirkpatrick (1977)</b>					
$Q_p = 1.268(h_w + 0.3)^{2.5}$	38	34	-0.14	$\pm 0.69$	0.28 — 6.8
<b>SCS (1981)</b>					
$Q_p = 16.6(h_w)^{1.85}$	38	32	+0.13	$\pm 0.50$	0.23 — 2.4
<b>Hagen (1982)</b>					
$Q_p = 0.54(S \cdot h_d)^{0.5}$	31	30	+0.43	$\pm 0.75$	0.07 — 2.1
<b>Reclamation (1982)</b>					
$Q_p = 19.1(h_w)^{1.85}$ envelope equation	38	32	+0.19	$\pm 0.50$	0.20 — 2.1

Where

B = average breach width, meters

C<sub>b</sub> = offset factor in the Von Thun and Gillette breach width equation, varies from 6.1 m to 54.9 m as a function of reservoir storage

h<sub>b</sub> = height of breach, m

h<sub>d</sub> = height of dam, m wh = depth of water above breach invert at time of failure, meters

K<sub>o</sub> = overtopping multiplier for Froehlich breach width equation, 1.4 for overtopping, 1.0 for piping

Q<sub>p</sub> = peak breach outflow, m<sup>3</sup>/s

S = reservoir storage, m<sup>3</sup>

ft = failure time, hours

V<sub>er</sub> = volume of embankment material eroded, m<sup>3</sup>

V<sub>w</sub> = volume of water stored above breach invert at time of failure, m

จากที่ได้มีการนำเสนอสมการที่ใช้ในการคำนวณค่าประมาณความกว้างของรอยแตกของเขื่อนและระยะเวลาในการพังทลายของเขื่อน โดยได้มีการทดสอบความถูกต้องกับข้อมูลของเหตุการณ์พิบัติของเขื่อนที่เคยเกิดขึ้นก่อนหน้านี้ และทำการสรุปค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าดังที่แสดงในตารางที่ 2

Table 2. Uncertainty estimates of breach width and failure times prediction equation.\*14

Equation	Number of Case Studies		Mean Prediction Error, $\bar{e}$ (log cycles)	Width of Uncertainty Band, $\pm 2S_e$ (log cycles)	Prediction interval around a hypothetical predicted value of 1.0
	Before outlier exclusion	After outlier exclusion			
<b>BREACH WIDTH EQUATIONS</b>					
<b>USBR (1988)</b> $\bar{B} = 3(h_w)$	80	70	-0.09	$\pm 0.43$	0.45 — 3.3
<b>MacDonald and Lantridge-Monopolis (1984)</b> $V_{er} = 0.0261(V_w \cdot h_w)^{0.769}$ earthfill $V_{er} = 0.00348(V_w \cdot h_w)^{0.852}$ non-earthfill (e.g., rockfill)	60	58	-0.01	$\pm 0.82$	0.15 — 6.8
<b>Von Thun and Gillette (1990)</b> $\bar{B} = 2.5h_w + C_b$ where $C_b$ is a function of reservoir size	78	70	+0.09	$\pm 0.35$	0.37 — 1.8
<b>Froehlich (1995b)</b> $\bar{B} = 0.1803K_o V_w^{0.32} h_b^{0.19}$ where $K_o = 1.4$ for overtopping, 1.0 for piping	77	75	+0.01	$\pm 0.39$	0.40 — 2.4
<b>FAILURE TIME EQUATIONS</b>					
<b>MacDonald and Lantridge-Monopolis (1984)</b> $t_f = 0.0179(V_{er})^{0.364}$	37	35	-0.21	$\pm 0.83$	0.24 — 11.
<b>Von Thun and Gillette (1990)</b> $t_f = 0.015(h_w)$ highly erodible $t_f = 0.020(h_w) + 0.25$ erosion resistant	36	34	-0.64	$\pm 0.95$	0.49 — 40.
<b>Von Thun and Gillette (1990)</b> $t_f = \bar{B} / (4h_w)$ highly erodible $t_f = \bar{B} / (4h_w + 61)$ erosion resistant	36	35	-0.38	$\pm 0.84$	0.35 — 17.
<b>Froehlich (1995b)</b> $t_f = 0.00254(V_w)^{0.53} h_b^{-0.9}$	34	33	-0.22	$\pm 0.64$	0.38 — 7.3
<b>USBR (1988)</b> $t_f = 0.011(\bar{B})$	40	39	-0.40	$\pm 1.02$	0.24 — 27.

การกำหนดความสูงฝื่อน (Free board) ที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันการไหลล้นข้ามสันเขื่อนได้ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างด้วยกันเช่น ชนิดและความสำคัญของเขื่อน ความเร็วลมที่สามารถทำให้เกิดคลื่น ความสูงคลื่นจากแผ่นดินไหว ความสูงน้ำจากความผิดพลาดการเปิด-ปิดบานระบาย ความสูงเอ่อขึ้นจากน้ำหลากผิดปกติ คำนวณได้จากทางอุทกวิทยา โดยคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$F > \Delta h + h_w \text{ or } h_e + h_a + h_i \quad (4)$$

โดยให้

$\Delta h$  = ความสูงเอ่อขึ้นจากน้ำหลากผิดปกติ คำนวณได้จากทางอุทกวิทยา

$h_w$  = ความสูงจากคลื่นลม

$h_e$  = ความสูงคลื่นจากแผ่นดินไหว

$h_a$  = ความสูงน้ำจากความผิดพลาดการเปิด-ปิดบานระบาย

$h_i$  = ความสูงเมื่อตามชนิดและความสำคัญของเขื่อน

การคำนวณอัตราการไหลในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน โดยที่มีแบบจำลองมีอัตราส่วน แกนราบ X และ Y เท่ากับ 1:1000 และอัตราส่วนแกนตั้ง Z เท่ากับ 1:250

$$Q_r = A_r V_r = L_r^5 / 2 \quad (5)$$

โดยให้  $Q_r$  = อัตราส่วนระหว่างการไหลจริงต่อการไหลในแบบจำลอง

$A_r$  = อัตราส่วนระหว่างพื้นที่จริงต่อพื้นที่ในแบบจำลอง

$V_r$  = อัตราส่วนระหว่างความเร็วการไหลจริงต่อความเร็วการไหลในแบบจำลอง

$L_r$  = อัตราส่วนระหว่างระยะทางจริงต่อระยะทางในแบบจำลอง

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) นำความรู้ที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์การไหลของน้ำเมื่อเกิดการแตกของเขื่อนแก่งกระจานมาประยุกต์ใช้กับเขื่อนอื่นๆที่มีความแตกต่างทางสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณการไหล เสถียรภาพของเขื่อนถม เมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนได้

2) เผยแพร่หลักการและข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการวิจัยในอนาคตแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น หน่วยงานในกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เป็นต้น

3) ใช้ประโยชน์ในเอกสารการเรียนการสอน

4) สามารถเข้าใจรูปแบบการไหลของน้ำเมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อนได้

## เนื้อเรื่อง (Main Body)

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยได้มีการวางแผนการทำงานเป็นหัวข้อดังนี้

#### 2.1 การรวบรวมเอกสารวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพังทลายของเขื่อนดินที่เคยมีการทำการวิจัยมาก่อน หลักการวิเคราะห์การไหลของน้ำจากการพังทลายของเขื่อน การวิเคราะห์สาเหตุของการพังทลายของเขื่อนดินและรูปแบบการพังทลายของเขื่อนดินที่เคยเกิดขึ้นและที่เคยมีการวิจัยมาก่อน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปเพื่อการออกแบบการทดลองให้มีความสมจริง

#### 2.2 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการคำนวณและการวิเคราะห์การไหลของน้ำเมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อนดิน โดยทำการตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านเขื่อนที่แตก และบันทึกเวลาตั้งแต่การเกิดการแตกของเขื่อน จากนั้นนำข้อมูลผลการทดลองมาวิเคราะห์เชิงอัตราส่วนระหว่างแบบจำลองกับของจริงทั้งแกนราบและแกนตั้ง เพื่อทำการสร้าง Flood Hydrograph ที่มีความสมจริงตามอัตราส่วนทางกายภาพของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง และทำการประมาณอัตราการไหลสูงสุดจาก (Peak Flood) และทำนายเวลาของการเกิดจากผลของการจำลองภายหลังเกิดการพังทลายของเขื่อนดิน โดยการในการทดลองนี้จะต้องทำการตรวจวัดการไหลหลากหลายจุดให้สัมพันธ์กับเวลาที่เกิดหลังการพังทลายของเขื่อนดินโดยจะใช้กล้อง cctv เพื่อบันทึกภาพระดับน้ำที่จุดต่างๆ เช่น ถังตวงน้ำ ทางน้ำธรรมชาติที่ไหลออกจากเขื่อน

จากการทบทวนเอกสารวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปรูปแบบการทดลองและตั้งสมมุติฐานที่จะออกแบบการทดลองได้ดังนี้

- สาเหตุของการพังทลายที่ทำในงานวิจัยนี้มีด้วยกัน 2 สาเหตุคือ

1 การพังทลายจากการไหลล้นของตัวเขื่อน เป็นการพังทลายอย่างทันที เมื่อมีน้ำเก็บเต็มอ่างเก็บน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด และระดับสันเขื่อน จะมีการทำช่องรอยแตกที่ตัวเขื่อนหลายขนาดเพื่อทดสอบการไหลผ่านช่องรอยแตก ช่องรอยแตกที่ตัวเขื่อนจะถูกยกออกจากตำแหน่งโดยทันที จะมีตรวจวัดปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านช่องว่าง น้ำในอ่างเก็บน้ำ ควบคู่ไปกับการจับเวลาด้วยวิธีการบันทึกภาพวิดีโอหลายๆจุดพร้อมๆกัน

2.การพังทลายของเขื่อนด้วยสาเหตุการไหลล้นสันเขื่อน จะทำการทดลองให้มีการพังของเขื่อนในขณะที่น้ำไหลล้นสันเขื่อน ปริมาตรน้ำในเขื่อนจะมากกว่าปกติ ทำให้การไหลของน้ำมีความรุนแรงมากกว่าการพังทลายของเขื่อนในแบบที่ 1

- การทดลองครั้งนี้มีการตั้งสมมุติฐานในการทดลองดังนี้
  - อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจำลองไม่มีทางระบายน้ำ(Service Spillway)และทางระบายน้ำฉุกเฉิน( Emergency Spillway) ซึ่งการไหลของน้ำออกจากเขื่อนจะมีได้โดยผ่านตัวเขื่อนเท่านั้น และน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่มีทางไหลออกทางอื่นเมื่อมีการไหลล้นอ่างเก็บน้ำ
  - อ่างเก็บน้ำจำลองไม่มีการเก็บกักน้ำในพื้นที่อ่างหรือการไหลซึมของน้ำลงไปสะสมในพื้นที่อ่างซึ่งจะแตกต่างกับอ่างจริงที่มีปริมาตรน้ำในดิน และไม่มีการคำนวณการระเหยของน้ำในอ่างเกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง
  - อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจำลองที่ทำการสร้างจะมีอัตราส่วนทางกายภาพของแบบจำลองแนวราบอยู่ที่ 1:1000 และแนวตั้งอยู่ที่ 1:250
- วัสดุที่ใช้ทำตัวเขื่อนและช่องรอยแตกของเขื่อนจะทำมาจากวัสดุที่ไม่ซึมน้ำมีขนาดที่คงที่ไม่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้เช่นเหล็ก อะคริลิก เป็นต้น
- การสร้าง Flood Hydrograph จะถูกสร้างมาจากการตรวจวัดระดับน้ำ ปริมาณน้ำในอ่างถึงตวงและเวลาที่น้ำไหลผ่านทางน้ำท้ายอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะเป็นFlood Hydrograph ที่ได้จะเป็นค่าสูงสุดที่ตำแหน่งท้ายเขื่อนแก่งกระจาน พื้นที่ท้ายเขื่อนที่ห่างออกไปจะมี Flood Hydrograph ที่มีรูปร่างแตกต่างกันเนื่องมาจากการเดินทางของน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่น้ำท่วมจะมีการแผ่ของผิวน้ำออกในที่กว้างท้ายเขื่อน

### การสร้างแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน

ในขั้นตอนการสร้างอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจำลอง ได้ทำการดำเนินงานวิจัยโดยการรวบรวมภาพพื้นที่อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจากภาพถ่ายดาวเทียมเว็บไซต์ [google.com/maps](http://google.com/maps) ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.1 เป็นภาพถ่ายดาวเทียมของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2559 และข้อมูลปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำ จาก [www.thaiwater.net](http://www.thaiwater.net) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 จากข้อมูลที่รวบรวมได้ในขณะนั้นเป็นช่วงเวลาที่เกิดภาวะแล้งในพื้นที่ ทำให้น้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานมีพื้นที่น้ำเปิดที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำกับกรมชลประทานที่รายงานปริมาตรน้ำ 291 ล้านลบ.ม.ในวันเดียวกันกับภาพถ่ายดาวเทียม



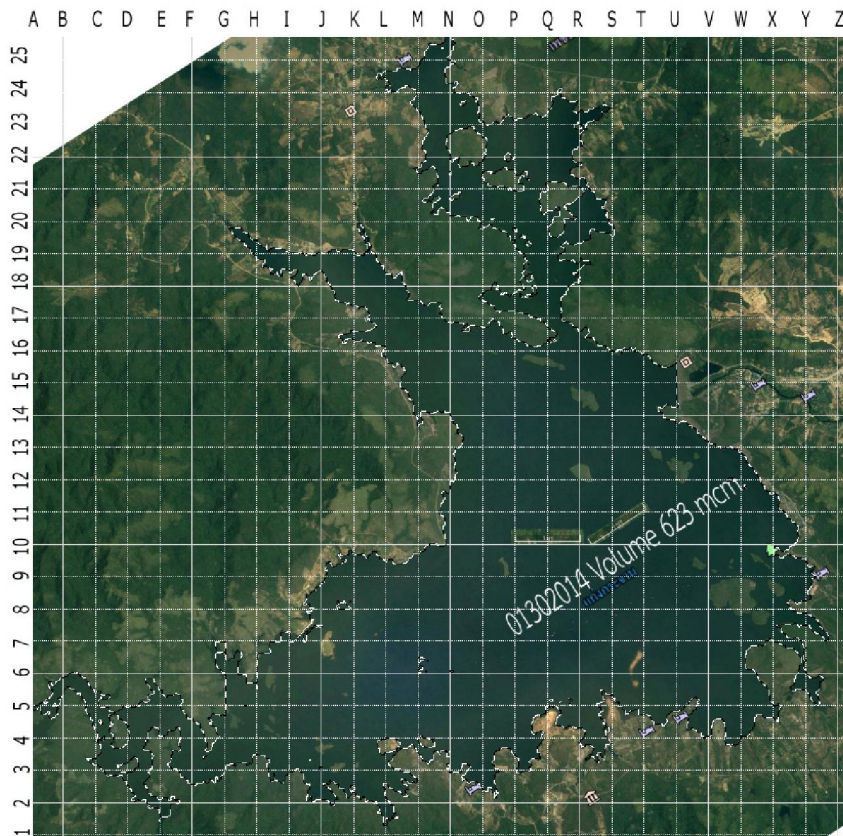
ภาพที่ 2.1 ภาพถ่ายดาวเทียมอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจาก Google map เมื่อวันที่ 13 กพ. 2559

รายงานสถานการณ์น้ำเขื่อนต่างๆ วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2559

ลุ่มน้ำ/เขื่อน (ภาค)	ความจุที่จก. (ล้าน ม.³)	ปริมาณน้ำในอ่าง				ปริมาณน้ำไหลลงอ่าง				ปริมาณน้ำที่ระบาย		
		ปี 2558 (ล้าน ม.³)	วันที่ตรวจ (ล้าน ม.³)	% เก็บกัก	ปริมาณน้ำ (ล้าน ม.³)	% เก็บกัก	ค่าเฉลี่ยของปี (ล้าน ม.³)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ม.³)	วันที่ตรวจ (ล้าน ม.³)	% เก็บกัก	ค่าเฉลี่ยของปี (ล้าน ม.³)	
<b>ภาคเหนือ</b>												
เขื่อนอุบลรัตน์	13,462	5,917	4,710	38	910.00	7	5,641	0	34.78	0.62	5.00	218.60
เขื่อนสิริกิติ์	9,510	5,642	4,449	47	1,599.00	17	5,677	3.89	188.86	2.79	10.05	424.74
เขื่อนแม่งัด	285	170	80	23	38.00	14	323	0	4.49	1.39	0.16	10.29
เขื่อนกุดชุม	106	68	29	27	25.00	24	549	0.05	4.67	0.85	0.05	2.93
เขื่อนแม่วง	283	48	32	12	18.00	7	193	0.03	3.14	1.63	0.04	1.61
เขื่อนภักดีอุบล	170	87	25	15	19.00	11	215	0	0.28	0.13	0.01	1.14
เขื่อนแควน้อย	939	544	352	37	309.00	33	1,381	0.38	15.53	1.12	1.04	45.76
<b>รวมภาคเหนือ</b>	<b>24,715</b>	<b>12,476</b>	<b>9,657</b>	<b>38</b>	<b>2,918.00</b>	<b>12</b>	<b>13,979</b>	<b>4.35</b>	<b>221.55</b>	<b>1.58</b>	<b>16.35</b>	<b>705.67</b>
<b>ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ</b>												
เขื่อนลำปาว	1,990	903	722	36	622.00	31	2,314	0	11.20	0.48	4.73	183.54
เขื่อนลำโดง	314	140	112	36	89.00	28	272	0.86	5.51	2.03	0.36	15.04
เขื่อนลำพระเพลิง	110	27	77	70	78.00	89	174	0.35	1.32	0.76	1.01	7.12
เขื่อนน้ำจูน	529	269	176	34	132.00	25	444	0	0.70	0.16	0.90	12.40
เขื่อนอุบลรัตน์	2,431	1,089	670	28	89.00	4	2,482	0	18.78	0.76	0.50	21.66
เขื่อนสิรินธร	1,996	1,358	1,206	61	375.00	19	1,673	0	28.74	1.72	0	27.38
เขื่อนจันทบุรี	164	95	68	41	31.00	19	158	0.11	2.06	1.30	0.25	14.63
เขื่อนภักดีอุบล	135	48	28	21	21.00	16	188	0	0.63	0.38	0.10	4.35
เขื่อนลำางของ	121	75	64	53	61.00	50	57	0	0.29	0.69	0	0
เขื่อนลพบุรี	141	67	46	33	39.00	28	97	0	1.87	1.92	0.03	1.93
เขื่อนน้ำพอง	166	59	65	39	95.00	33	131	0	2.03	1.55	0	0
เขื่อนลำทะเมนชัย	275	145	88	32	81.00	29	206	0	0.82	0.40	0.08	4.91
<b>รวมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ</b>	<b>8,323</b>	<b>4,275</b>	<b>3,321</b>	<b>40</b>	<b>1,671.00</b>	<b>20</b>	<b>8,176</b>	<b>1.32</b>	<b>74.05</b>	<b>0.91</b>	<b>7.96</b>	<b>293.16</b>
<b>ภาคกลาง</b>												

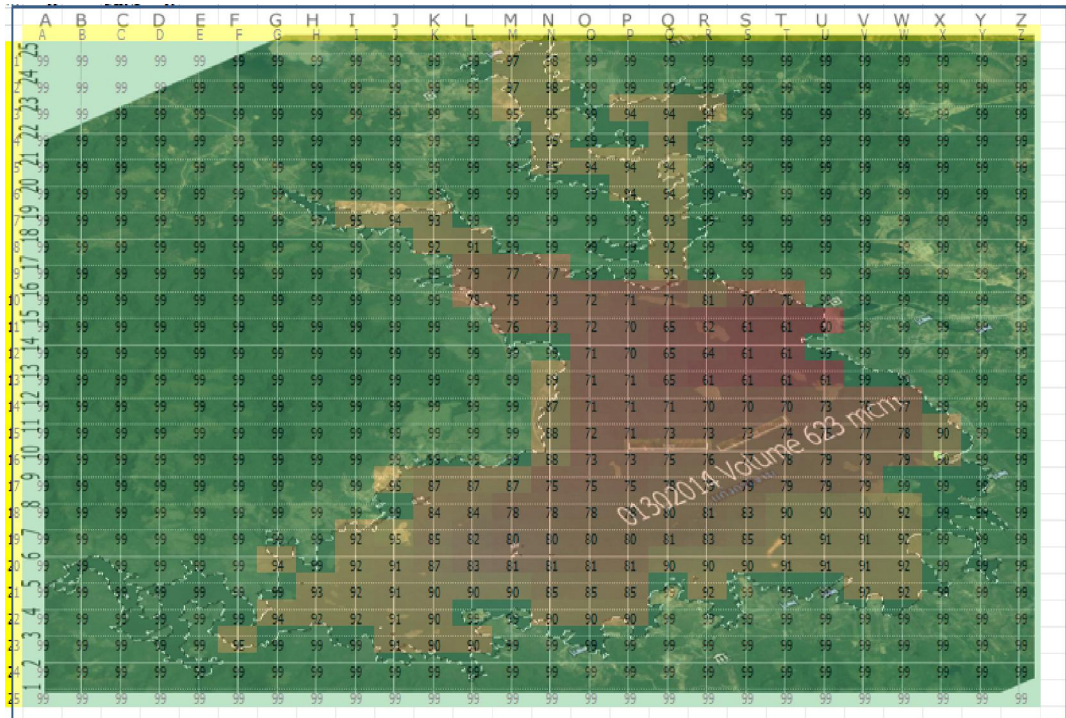
ภาพที่ 2.2 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำในประเทศไทยแสดงในเว็บ [www.thaiwater.net](http://www.thaiwater.net) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ภาพอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานที่มีปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุดคือเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2557 ดังแสดงในภาพที่ 2.3 อ่างเก็บน้ำแก่งกระจานมีปริมาณน้ำเก็บกักอยู่ที่ 623 ล้านลบ.ม. ได้ใช้ภาพที่ 2.3 เป็นแบบในการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจำลอง โดยได้ทำ

การแบ่งเขตพื้นที่เป็นพิกัด 1-25 และ A-Z มีระยะทางระหว่างจุดพิกัด 500 เมตร ซึ่งคิดเป็นระยะทาง 50 ซม. ในแบบจำลอง ที่อัตราส่วนทางกายภาพ 1:1000



ภาพที่ 2.3 ภาพแสดงรูปร่างอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน เมื่อวันที่ 30 มค. 2557

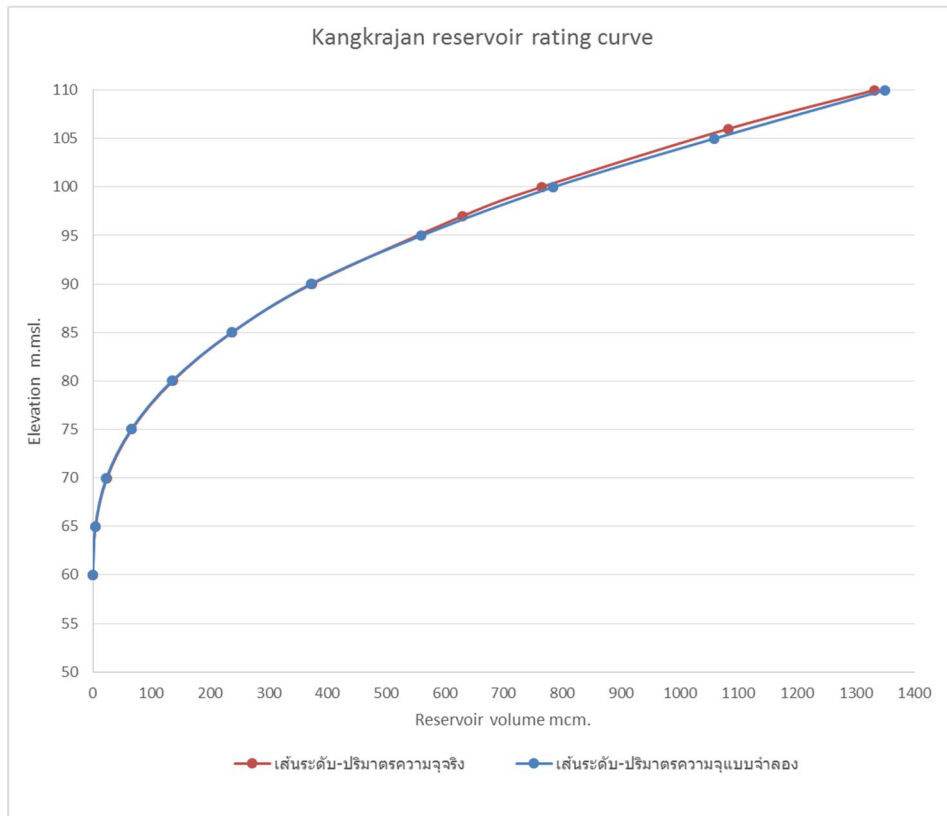
การคำนวณปริมาตรอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเพื่อสร้างแบบจำลอง จะทำโดยวิธีการคำนวณระดับ-พื้นที่ ของอ่างเก็บน้ำ โดยวิธีนี้จะทำการคำนวณความจุของการอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานที่ระดับความความลึกต่างๆเริ่มจากระดับก้นอ่างเก็บน้ำเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆจนถึงระดับสันเขื่อน ดังแสดงในภาพที่ 2.4 การคำนวณปริมาตรอ่างเก็บน้ำใช้สมการ



ภาพที่ 2.4 การคำนวณปริมาตรอ่างเก็บน้ำจำลองด้วยวิธีระดับ-พื้นที่

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรอ่างเก็บน้ำ} &= (A_1 + (A_1 \times A_2)^{1/2} + A_2) / 3 \times H & (6) \\
 \text{โดยให้ } A_1 &= \text{พื้นที่อ่างเก็บน้ำ ที่ 1} \\
 A_2 &= \text{พื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ 2} \\
 H &= \text{ระดับความสูงระหว่างพื้นที่ที่ 1 และ 2}
 \end{aligned}$$

ผลการคำนวณปริมาตรอ่างเก็บน้ำจำลองสามารถสร้างเส้นระดับ-ปริมาตรของความจุของแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานได้ดังแสดงในภาพที่ 5 เส้นระดับ-ความจุอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจำลอง(เส้นสีแดง) เปรียบเทียบกับปริมาตรความจุของแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานที่สร้างขึ้น(เส้นสีน้ำเงิน) โดยได้คำนวณปริมาตรความจุของแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน เปรียบเทียบกับอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจริง มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนประมาณ 0.24% ทั้งนี้ภายหลังจากก่อสร้างอ่างเก็บน้ำจำลองเสร็จสิ้นจะทำการสอบเทียบความจุอีกครั้งหนึ่ง



ภาพที่ 2.5 กราฟเปรียบเทียบเส้นระดับ-ปริมาตรความจุจริงและความจุของแบบจำลอง

การก่อสร้างแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานได้ดำเนินการก่อสร้างภายในอาคารปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมชลประทาน ได้ทำการก่อสร้างฐานรองอ่างเก็บน้ำจำลองเพื่อยกระดับพื้นอ่างเก็บน้ำ โดยได้พื้นฐานรองอ่างจะเกินถึงตวงน้ำและถึงพักน้ำสำรองเพื่อเก็บน้ำไว้ส่งให้กับอ่างเก็บน้ำจำลอง ได้ทำการวาดรูปอ่างเก็บน้ำจำลองตามแผนผังรูปอ่างเก็บน้ำ ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ชัดเจน จากนั้นได้ทำการสร้างคันดินตามขอบของอ่างเก็บน้ำดังแสดงในภาพที่ 2.6-2.10



ภาพที่ 2.6 การดำเนินงานก่อสร้างโครงสร้างฐานรองยกระดับแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน



ภาพที่ 2.7 เริ่มสร้างคันดินตามแนวสันอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ 2.8 สร้างสันอ่างเก็บน้ำที่สร้างตามพิกัดจากภาพถ่ายดาวเทียม



ภาพที่ 2.9 ภาพมุมมองสูงสันอ่างเก็บน้ำที่สร้างตามพิกัดภาพถ่ายดาวเทียม



ภาพที่ 2.10 การกำหนดตำแหน่งพิกัดตามภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อกำหนดจุดสำรวจ

เมื่อได้สร้างขอบเขตของอ่างเก็บน้ำแล้ว จากนั้นทำถมทรายรองที่พื้นอ่างเก็บน้ำ เพื่อรองพื้นอ่างให้ราบเรียบและเตรียมความพร้อมสำหรับการทดสอบการทดสอบการกัดเซาะดินที่แสดงในภาพที่ 2.11 ขั้นตอนต่อไปจึงทำการสำรวจพิกัดด้วยกล้องสำรวจ ทำการตรวจสอบพิกัดและระดับของกันอ่างเก็บน้ำในจุดพิกัดต่างๆให้เหมือนกับแบบที่ออกแบบไว้ ในภาพที่ 2.4 ทำการปรับแก้ระดับให้ถูกต้อง



ภาพที่ 2.11 การรองพื้นอ่างเก็บน้ำด้วยทรายเพื่อปรับปริมาตรของอ่างเก็บน้ำจำลอง

เมื่อพื้นอ่างได้รับการปรับพื้นให้ได้ระดับพอดีกับแบบที่คำนวณไว้แล้ว จึงทำการปูแผ่นผ้าใบพลาสติกเพื่อทำการสอบเทียบปริมาตรของอ่างเก็บน้ำดังแสดงในภาพที่ 2.12 ทำการกักปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ แล้วปล่อยน้ำออกมาใส่ถังตวงปริมาตรน้ำเพื่อคำนวณปริมาตรน้ำที่ถูกขังในอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ 2.12 การรองพื้นอ่างด้วยแผ่นพลาสติกและการทดสอบปริมาตรน้ำในอ่าง

จากนั้นจะทำการลาดพื้นและขอบอ่างเก็บน้ำด้วยคอนกรีตเพื่อให้อ่างเก็บน้ำมีความแข็งแรงและมีปริมาตรของอ่างเก็บน้ำที่แน่นอนดังแสดงในภาพที่ 2.13 ทั้งตัวพื้นและขอบของอ่างเก็บน้ำจำลองไม่ถูกกัดเซาะหรือมีการไหลซึมออกของน้ำเมื่อมีการขังน้ำในอ่างเก็บน้ำ จะทำให้การทดลองมีความแม่นยำมากขึ้น



ภาพที่ 2.13 การคาดคอนกรีตที่พื้นอ่างเก็บน้ำจำลอง

เมื่อคอนกรีตที่พื้นอ่างเก็บน้ำแข็งตัวจึงได้ทำการทดสอบปริมาตรน้ำโดยทำการขังน้ำในอ่างเก็บน้ำ เมื่อปริมาตรน้ำในอ่างเป็นไปตามปริมาตรที่ออกแบบไว้ จึงได้ทำการติดตั้งระบบน้ำ ระบบไฟฟ้า และระบบการตรวจวัดปริมาณน้ำดังแสดงในภาพที่ 2.14 ภาพที่ได้จากกล้องตรวจวัดน้ำแสดงในภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.14 การติดตั้งระบบกล้องตรวจวัดน้ำในอ่างเก็บน้ำจำลอง



ภาพที่ 2.15 แสดงระบบกล้องตรวจวัดน้ำในอ่างเก็บน้ำจำลอง

เมื่อทำการสร้างอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานจำลองสำเร็จ ได้ทำการทดลองสอบเทียบปริมาณ อ่างเก็บน้ำที่ระดับความลึกต่างๆของอ่างเปรียบเทียบกับข้อมูลของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน การสอบเทียบทำด้วยวิธีการตวงปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำ ตรวจสอบว่าอ่างเก็บน้ำมีปริมาตรที่ความลึกระดับ ต่างๆ ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่และทำการปรับแก้ปริมาตรของอ่างเก็บน้ำถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น จากนั้นจึงจะทำการทดลองการไหลของน้ำเมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อนตามแผนงานวิจัยที่ วางไว้ เมื่อได้ทำการสอบเทียบปริมาตรของน้ำในอ่างเก็บน้ำจำลองพบว่ามีปริมาตรความสอดคล้องที่ คำนวณไว้ จึงไม่จำเป็นต้องทำการปรับแก้

#### การทดลองการพังทลายของแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจาน

การทดลองได้วางแผนการทดสอบการพังทลายของเขื่อนไว้ โดยได้ทำการกำหนดตัวแปรในการทดลองดังต่อไปนี้

- กำหนดให้รูปร่างขอบเขตของอ่างเก็บน้ำสร้างขึ้นจากพิกัดที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม วันที่ 30 ม.ค. 2557
- แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานสร้างจากทรายบดอัด มีอัตราส่วนความลาดชัน ตั้งแต่ 1:0.5 ถึง 1:2.7
- การพังทลายเกิดขึ้นเมื่อน้ำเต็มอ่างเก็บน้ำ ที่ระดับสันเขื่อน
- พื้นอ่างเก็บน้ำเป็นวัสดุที่ไม่โดนกัดเซาะ มีปริมาตรคงที่ ไม่มีการตกตะกอน
- การทดสอบเขื่อนแต่กจำลองการพังทลายเฉพาะเขื่อนหลักเท่านั้น

#### การสร้างเขื่อนจำลอง

การสร้างเขื่อนจำลองที่ใช้ในการทดลอง ได้ทำการในการทดลองสร้างเขื่อนจากวัสดุต่างๆ เช่น ดินเหนียว ทราย และดินร่วนปนทราย จากการทดลองพบว่าการสร้างแบบจำลองเขื่อนแก่ง กระจานด้วยทรายดังแสดงในภาพที่ 2.16 และ 2.17 มีการพังทลายและการรั่วซึมภายหลังการเก็บน้ำ ในอ่างเก็บน้ำ วัสดุชนิดอื่นๆ ไม่มีการพังทลายเกิดขึ้น มีแต่การรั่วซึม ซึ่งการใช้วัสดุทรายในการสร้าง แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานในการทดลองนี้จะช่วยให้รูปแบบการพังทลายมีความสมจริงมากขึ้น

ขั้นตอนการพังทลายของแบบจำลองเขื่อนแก่งกระงานที่สร้างด้วยวัสดุทรายได้แสดงในภาคผนวก ข โดยมีขั้นตอนเริ่มจากการไหลลอดใต้ฐานเขื่อน แล้วจึงเกิดการทรุดตัวของเขื่อน จึงเกิดเป็นช่องเปิดที่ตัวเขื่อน ทำให้น้ำทะลักผ่านตัวเขื่อน จนทำให้เขื่อนพังในที่สุด ในการทดลองชุดแรกได้ทำการสร้างเขื่อนจำลองจากวัสดุทรายบดอัดและมีความลาดชันของด้านหน้าและด้านหลังเขื่อนตั้งแต่ 1:0.5-1:2.7



ภาพที่ 2.16 ภาพด้านหน้าแบบจำลองเขื่อนแก่งกระงาน

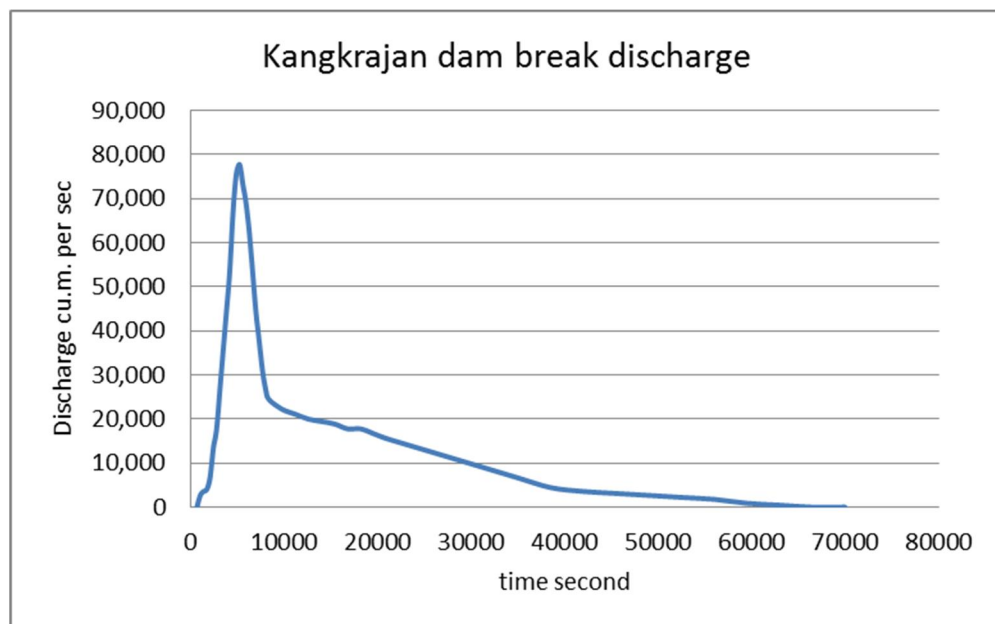


ภาพที่ 2.17 ภาพด้านข้างแบบจำลองเขื่อนแก่งกระงาน

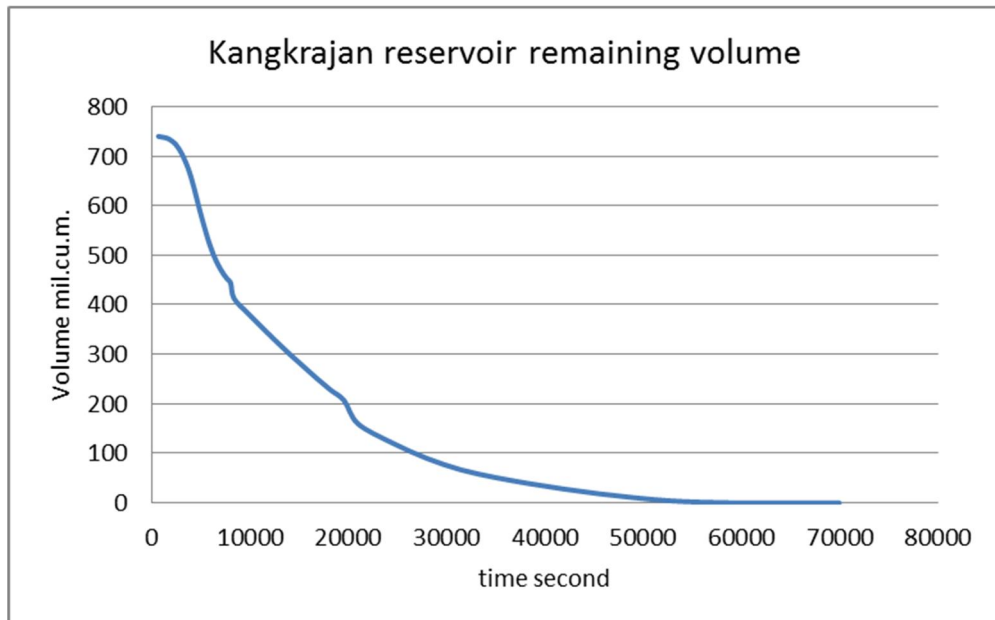
## ผลการทดลองการพังทลายของเขื่อน

ผลการทดลองการพังทลายของเขื่อนที่ทดสอบ การทดลองแสดงให้เห็นว่าการพังทลายของแบบจำลองเขื่อนแก่กระงานด้วยสาเหตุไหลลุดใต้ตัวเขื่อนและที่บริเวณด้านข้างของเขื่อน เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีแรงดันสูงสุด ทำให้การไหลของผ่านใต้ตัวเขื่อน มีปริมาณมากกว่าปกติส่งผลให้เกิดการพังทลายขึ้นในบริเวณใต้เขื่อนตัวอย่างขั้นตอนการพังทลายของเขื่อนแสดงในภาพผนวก ข1. ในทุกๆครั้งที่ทำการทดลอง จุดเริ่มต้นการพังทลายจะเริ่มที่ใต้ฐานเขื่อนหรือมุมใต้ฐานเขื่อนด้านใดด้านหนึ่ง เมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อน เริ่มจากการกัดเซาะของน้ำที่บริเวณฐานเขื่อนจนทำให้ตัวเขื่อนไม่สามารถรับแรงดันของน้ำได้ โครงสร้างด้านเหนือน้ำของเขื่อนเริ่มแตกร้าวยุบตัวลงเนื่องจากแรงดันน้ำใต้ฐานเขื่อน สันเขื่อนเขื่อนเริ่มมีการขยับตัวยุบลงเรื่อยๆทางด้านท้ายน้ำ การพังทลายของสันเขื่อนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่เดียวกันกับการไหลของน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อนที่รอยแตกร้าวที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงแรกของการแตก การไหลของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการแตกของสันเขื่อน จนเมื่อระดับน้ำในเขื่อนลดลง ปริมาณน้ำค่อยๆลดลงเรื่อยๆเนื่องจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลง สูดท้ายตัวเขื่อนจำลองถูกน้ำพัดไปจนหมด

อัตราการไหลของน้ำที่เกิดจากการพิบัติของเขื่อนแสดงในภาพที่ 2.18 การไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่กระงาน มีอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 78,000 ลบ.ม.ต่อวินาที เกิดขึ้นเมื่อเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงหลังจากเริ่มมีการแตกของเขื่อน ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 16 ชม. น้ำจึงจะไหลหมดอ่างเก็บน้ำ เมื่อเริ่มเกิดการพิบัติของเขื่อนปริมาณน้ำอยู่ที่ระดับเก็บกักสูงสุด มีปริมาตรอยู่ที่ประมาณ 740 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณน้ำลดลงอย่างรวดเร็วดังแสดงในภาพที่ 2.19

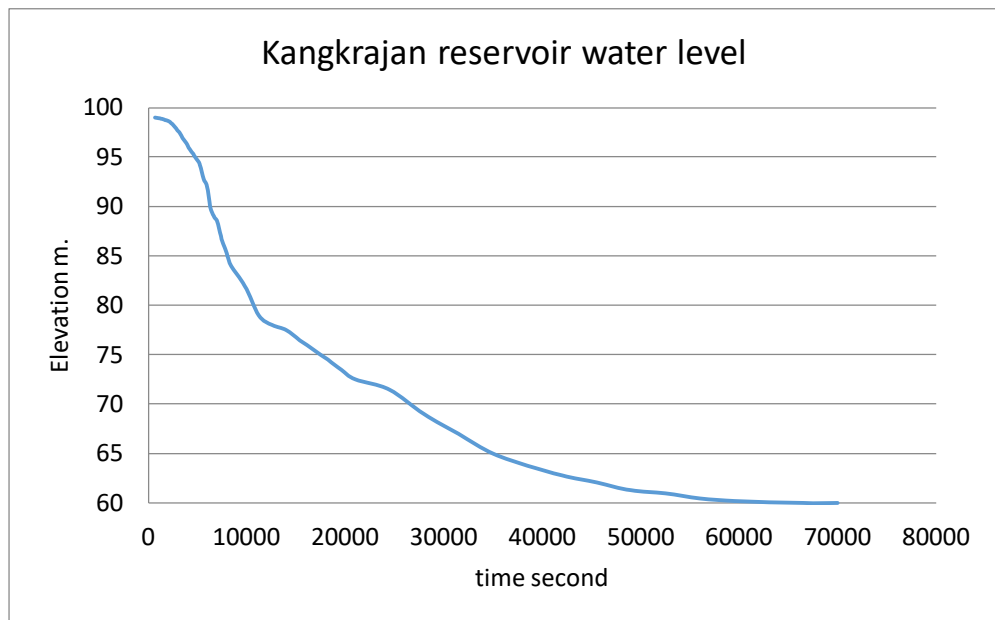


ภาพที่ 2.18 อัตราการไหลเมื่อการพิบัติของเขื่อนแก่กระงาน



ภาพที่ 2.19 ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานหลังเกิดการพิบัติของเขื่อน

ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานแสดงในภาพที่ 2.20 โดยที่ระดับน้ำมีความลึกเริ่มต้นที่ 38 เมตรที่ด้านหน้าเขื่อน ระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับเก็บกักสูงสุดภาพในอ่างเก็บน้ำลดลงจนถึงก้นอ่าง



ภาพที่ 2.20 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานหลังเกิดการพิบัติของเขื่อน

เนื่องจากโครงสร้างของตัวเขื่อนจำลองมีความแตกต่างจากเขื่อนจริง วัสดุและความหนาแน่น มีความแตกต่างจากเขื่อนจริง ทำให้การหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการของการไหลล้นสันเขื่อน และการพังทลายอาจจะไม่สามารถทำได้ถูกต้อง ขึ้นอยู่กับการประเมินของผู้วิจัยที่จะใช้การ สมมุติตัวแปรใดในการวิเคราะห์การพังทลายของเขื่อนจำลอง ที่ทำให้สามารถมีความเหมือนจริง เทียบเท่ากับเขื่อนจริงได้

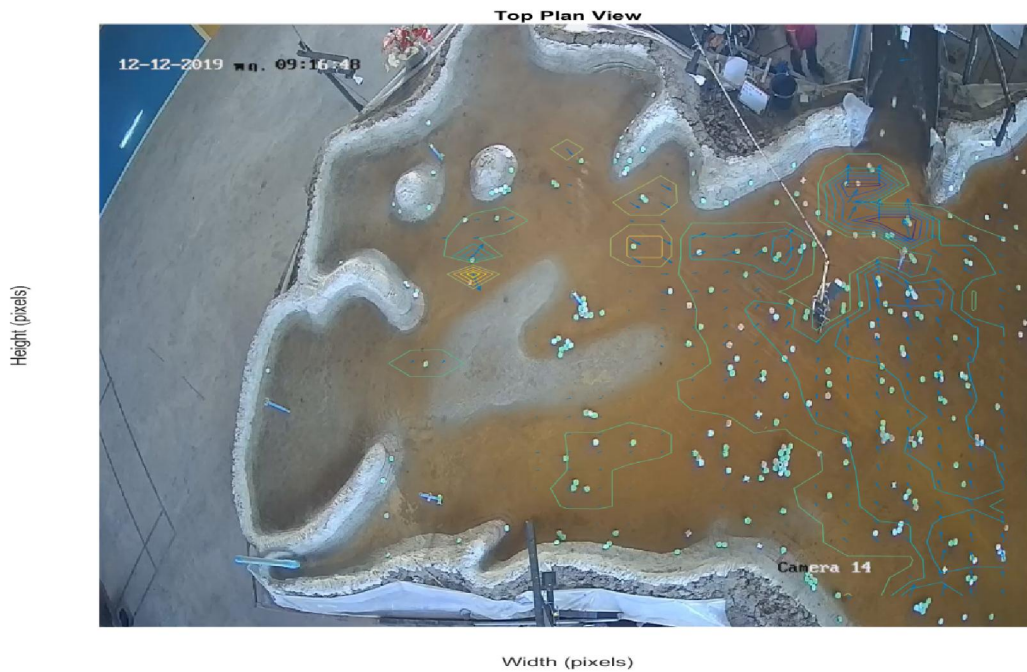
## ผลการวิเคราะห์การไหลของน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย

การวิเคราะห์และแปรผลทดลองการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจาน ได้ทำโดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายในขณะที่ทำการทดลองด้วยซอฟต์แวร์ คอมพิวเตอร์ โดยเทคนิคการวิเคราะห์ความเหมือนของภาพถ่าย วิธีนี้เหมาะกับการใช้กับการวิเคราะห์และติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ สามารถใช้ในการตรวจวัดการเคลื่อนที่ของน้ำในอ่างเก็บน้ำได้เป็นอย่างดี ทำให้ช่วยอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำในอ่างเก็บน้ำเมื่อเกิดการแตกของเขื่อนแก่งกระจาน และยังทำให้เข้าใจถึงวิธีการเกิด Flood Peak ได้จากการวิเคราะห์การไหลของน้ำในอ่างด้วยภาพถ่ายอีกด้วย ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองการพังทลายของเขื่อนหลายรูปแบบ ในการทดลองมีการบันทึกภาพถ่ายไว้ที่ความเร็ว 15 ภาพต่อวินาที ซึ่งมีความละเอียดมาก ทำให้เกิดความเข้าใจถึงลักษณะการเริ่มต้นการไหล ทิศทางการไหลและความเร็วของการไหล ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด ดังแสดงในภาพที่ 2.21 ชุดตัวอย่างภาพการวิเคราะห์การไหลของน้ำในอ่างจะแสดงในภาคผนวก ค.



ภาพที่ 2.21 แสดงผลการคำนวณความเร็วการไหลในอ่างเก็บน้ำ (ด้านทิศตะวันตก) โดยการวิเคราะห์ภาพถ่าย

การคำนวณการไหลของน้ำในอ่างจากการเคลื่อนที่ของผิวน้ำทำให้เห็นถึงการเริ่มต้นการไหลของน้ำเมื่อเกิดการแตกของเขื่อนแก่งกระจานซีกตะวันตก ดังแสดงในภาพที่ 2.22 เนื่องจากผิวน้ำไม่มีสีหรือพื้นผิวที่มีความแตกต่างกัน จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ได้ จึงจำเป็นต้องใช้หุ่นลอยสีขาวที่ทำมาจากโฟม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ซึ่งมีประมาณ 300 ชิ้นกระจายทั่วอ่างเก็บน้ำเป็นจุดที่ใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำแทนการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของผิวน้ำในอ่างเก็บน้ำแทน ซึ่งหุ่นลอยจะลอยไปตามการเคลื่อนที่ของน้ำในอ่างเก็บน้ำ



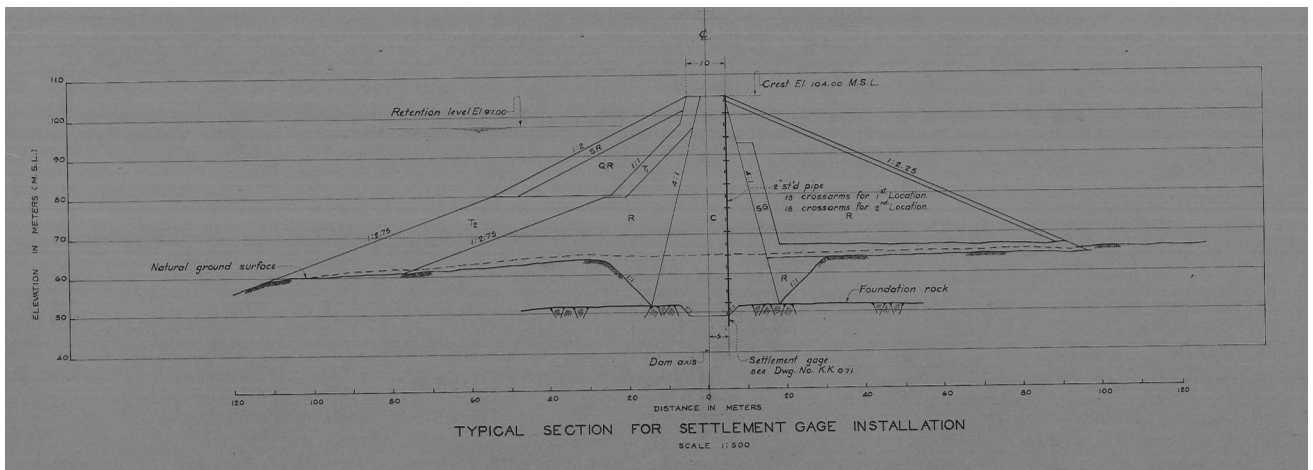
ภาพที่ 2.22 แสดงผลการคำนวณความเร็วการไหลในอ่างเก็บน้ำ(ด้านทิศตะวันออก) โดยการวิเคราะห์ภาพถ่าย

#### ผลการทดลองการไหลล้นสันเขื่อน

การไหลล้นสันเขื่อนเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้เกิดการพังทลายของเขื่อนดิน เกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย คือ เกิดการปิดกั้นทางระบายน้ำที่เขื่อน ทำให้ไม่สามารถระบายออกได้ทัน เกิดคลื่นขนาดใหญ่ที่เกิดจากแผ่นดินถล่ม การไหลของน้ำประมาณมากเมื่อเกิดอุทกภัย จะทำให้การระบายน้ำผ่านตัวเขื่อนและอาคารระบายน้ำล้น(Spillway)ระบายไม่ทัน ประมาณน้ำส่วนที่เกินกว่าจะระบายออกได้ จะไหลล้นข้ามสันเขื่อน ซึ่งการไหลข้ามสันเขื่อนเป็นสิ่งที่ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้เกิดขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างเขื่อนแก่งกระจานจำลองจากดินเหนียวแสดงในภาพที่ 2.23 มีอัตราส่วนความลาดชันด้านท้ายน้ำ 1:2.25 และ ความลาดชัน 1:2 และ 1: 2.75 ด้านเหนือน้ำตามแบบต้นฉบับของเขื่อนแก่งกระจานแสดงในภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.23 การสร้างแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจากดินเหนียว



ภาพที่ 2.24 แบบรูปตัดตามยาวเขื่อนแก่งกระจาน (กรมชลประทาน)

การทำการทดลองการไหลล้นของน้ำข้ามสันเขื่อนดังแสดงในภาพที่ 2.25 และ 2.26

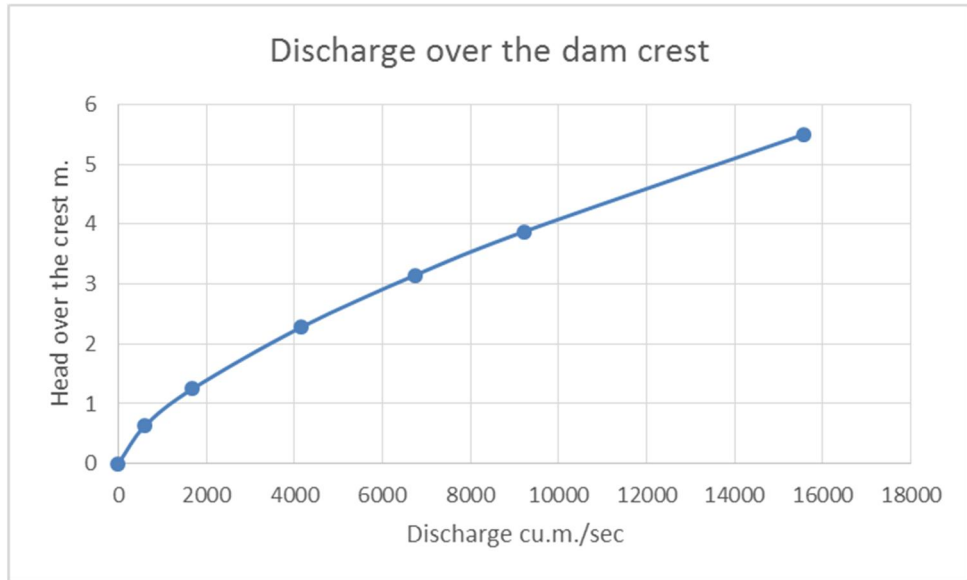


ภาพที่ 2.25 ภาพแสดงการทำลองการไหลข้ามสันเขื่อนแก่งกระจานจำลอง



ภาพที่ 2.26 ภาพการไหลล้นข้ามสันเขื่อนแก่งกระจานจำลอง

จากการทดลองการไหลล้นสันเขื่อน สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความลึกของน้ำเหนือสันเขื่อนและอัตราการไหลของน้ำที่ล้นสันเขื่อนแก่งกระจานได้ ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 2.27 โดยมีสมการการไหล แสดงในสมการที่ 7 ซึ่งการไหลของน้ำผ่านสันเขื่อนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับน้ำเหนือสันเขื่อนลึกมากขึ้น



ภาพที่ 2.27 Rating Curve ของการไหลข้ามสันเขื่อน

$$y = 2E-12x^3 - 5E-08x^2 + 0.0007x + 0.1182 \quad (7)$$

โดย  $y$  = ระดับน้ำเหนือสันเขื่อน (เมตร)

$x$  = อัตราการไหลของน้ำข้ามสันเขื่อน (ลบ.ม.)

ในสถานการณ์จริงการไหลข้ามสันเขื่อนสามารถเกิดขึ้นเมื่ออาคารระบายน้ำหลักของเขื่อนที่มีความสามารถระบายน้ำได้ 1380 ลบเมตรต่อวินาที ไม่สามารถระบายน้ำได้เพียงพอ การไหลล้นสันเขื่อนจึงจะเกิดขึ้น ซึ่งเมื่อมีการไหลข้ามสันเขื่อนเป็นไปได้สูงกว่าเขื่อนจะพินิจจากการไหลล้น เพราะตัวเขื่อนไม่ได้ออกแบบมาให้รับแรงดันน้ำส่วนเกินกว่าที่ออกแบบไว้ ปริมาณน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อนก็จะกัดเซาะตัวเขื่อนทั้งในแบบการไหลล้น(Overtopping) และการไหลลอดใต้ฐานเขื่อน (piping)ในเวลาเดียวกัน

## วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองในการทดสอบการพังทลายของแบบจำลองเขื่อนแก่งกระจาน ได้แสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงต้นของการพิบัติของเขื่อน ไม่ว่าจะรูปแบบและความรวดเร็วของการพิบัติของเขื่อนจำลองจะเป็นแบบใดก็ตาม โดยอัตราการไหลสูงสุดจะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อตัวแปรต่างๆ ดังนี้ 1.ระยะเวลาการพังทลายของเขื่อน 2.ปริมาณความจุของน้ำในอ่างเก็บน้ำ 3.ขนาดความกว้างและความสูงของตัวเขื่อน ซึ่งตัวแปรเหล่านี้แปรผันโดยตรงกับอัตราการไหลสูงสุดที่จะเกิดขึ้นเมื่อเขื่อนเกิดการพิบัติ

จากผลการทดลองโดยรวมเป็นไปตามงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพังทลายของเขื่อนที่เคยมีการทำมาก่อนหน้านี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับสมการที่มีการนำเสนอจากการทดลองในงานวิจัยอื่นๆ ที่แสดงในตารางที่ 1 พบว่าค่าอัตราการไหลสูงสุดเมื่อมีการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานในงานวิจัยนี้ซึ่งมีค่า 78,000 ลบ.ม.ต่อวินาที จะอยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดที่คำนวณได้จากสมการต่างๆ โดยมีค่าอัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ระหว่าง 35,000-170,000 ลบ.ม.ต่อวินาที ขึ้นอยู่กับวิธีการประเมินค่าอัตราการไหลสูงสุดของสมการต่างๆ มีความแตกต่างกันที่ตัวแปรที่ใช้ในการประเมินเช่น ความสูงของเขื่อน ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำ ความกว้างรอยแตก วิธีการพิบัติของเขื่อน เป็นต้น

## สรุปและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์หรือคาดเดารูปแบบการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานได้ แต่ได้ทำการสร้างสมมุติฐานว่าเกิดการพังทลายของเขื่อนเนื่องจากการพิบัติของฐานรากของเขื่อนเกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของน้ำในอ่างเก็บน้ำล้นได้ฐานเขื่อนเนื่องจากแรงดันของน้ำในขณะที่เก็บน้ำเต็มอ่างเก็บน้ำหรือล้นสันเขื่อน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากสาเหตุต่างๆ ดังนี้ ปริมาณน้ำในเขื่อนมากเกินไปจนความจุสูงสุดเนื่องจากเกิดอุทกภัยทำให้ระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำไม่ทัน เกิดโพรงขึ้นในตัวเขื่อนแก่งกระจานเนื่องจากน้ำกัดเซาะ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีอยู่ ไม่ได้สร้างจากผลการสำรวจพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ใช้เมื่อตอนสร้างเขื่อน แต่ใช้การสอบเทียบกับกราฟความจุของเขื่อนแทน เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลได้ ทำให้พื้นที่ของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานเมื่อเกิดน้ำล้นสันเขื่อนอาจจะไม่ตรงกับความเป็นจริงที่จะเกิดขึ้น

การวิจัยการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจานนี้ได้แสดงผลการศึกษาปริมาณน้ำที่สามารถเกิดขึ้นเมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจาน ทั้งปริมาณน้ำสูงสุดและเวลาที่จะเกิดขึ้น จะสามารถนำผลการวิจัยไปทำแผนการรับมือให้สามารถนำไปวิเคราะห์ความรุนแรงของอุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อนแก่งกระจาน จากผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองน้ำท่วมพื้นที่ท้ายน้ำได้ ซึ่งจะทำให้รู้ถึงพื้นที่ที่จะถูกน้ำท่วม ระดับความรุนแรงของน้ำที่ท่วม และเวลาที่จะเกิดการท่วม การวางแผนการจัดการเมื่อเกิดภัยพิบัติจะช่วยให้ความรุนแรงของภัยพิบัติลดน้อยลง ช่วยรักษาชีวิตประชาชนที่จะถูกผลกระทบของอุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นได้

### เอกสารอ้างอิง

1. กীরติ ลีวัจนกุล, วิศวกรรมชลศาสตร์, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต, 2542
2. Balmforth NJ, Von Hardenberg J, Zammett RJ (2009) Dam-breaking seiches. *J Fluid Mech* 628:1–21
3. Franca MJ, Almeida AB (2004) “A computational model of rockfill dam breaching caused by overtopping” (RoDaB). *J Hydraul Res* 42(2):197–206
4. Fread,D.L.(1984). “A Breach Erosion Model for Earthen Dams”, Proc. of Specialty Conference on Delineation of Landslides, Flash Flood, and Debris Flow Hazards in Utah, Utah State Univ. ,Logan,UT,June 15,3Opp.
5. Fread,D.L. (1981). “Some Limitations of Contemporary Dam-Break Flood Routing Models,”Preprint 81-525: Annual Meetinci of American Society of Civil Engineers,Oct. 17,St.Louis, MO,l5pp.
6. G.Tayfur, M.S. Guney (2013) A physical model to study dam failure flood propagation *Water Utility Journal* 6: 19-27
7. Hooshyaripor, F., Tahershamsi, A., Razi, S. (2017) “Dam break flood wave under different reservoir’s capacities and lengths” *Indian academy of science, Sadhana* Vol. 42, No. 9, September 2017, pp. 1557–1569
8. Hanson GJ, Cook KR, Hunt SL (2005) Physical modeling of overtopping erosion and breach formation of cohesive embankments. *Transactions of the ASABE. Am Soc Agric Biol Eng* 48(5):1783–1794
9. Hanson GJ., Darrel T. (2001) Resolutions and research needs related to embankment dam failure analysis FEMA workshop June 26-28 U.S. Department of agriculture

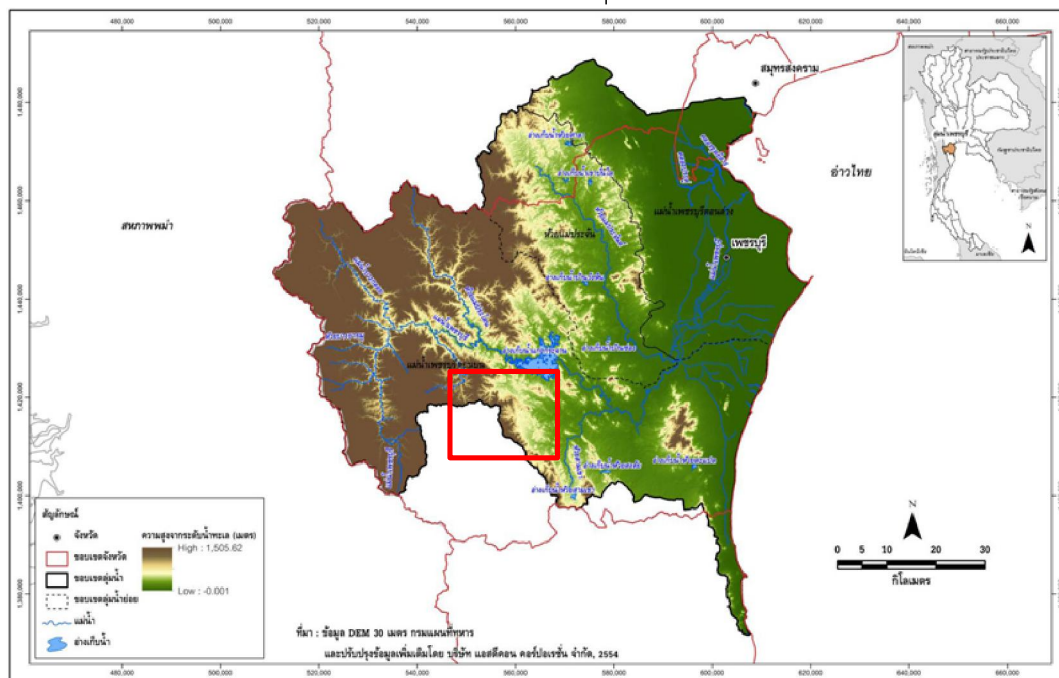
10. Jay N. Stateler, (2015) Dam Breach Modeling and Consequence Assessment Overview of Failure Modes U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. 2015 National Dam Safety Program Technical Seminar No. 22
11. Macchione F (2008) Model for predicting floods due to earthen dam breaching. I: formulation and evaluation. J Hydraul Eng 134(12):1688–1696
12. Macchione F, Sirangelo B (1988) Study of earth dam erosion due to overtopping. In: Proc technical conf on hydrology of disasters. WMO, Geneva, pp 212–219
13. Morris M.W. T.L. Wahl, R.D. Tejral, G.J. Hanson, and D.M. Temple (2009) Evaluation and Development of Physically-Based Embankment Breach Models U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation.
14. Valiani A, Caleffi V (2003) Numerical simulation of dam-break flow on granular bed: intense sediment transport vs. debris flow modeling. In: Proc third international conference on debris-flow hazards mitigation. Davos, Svizzera, pp 539–550
15. US Department of agriculture, (2001) RESOLUTIONS, AND RESEARCH NEEDS RELATED TO EMBANKMENT DAM FAILURE ANALYSIS, Proceeding
16. Wahl TL (1998) Prediction of embankment dam breach parameters: a literature review and needs assessment. Dam safety research report DSO-98-004, US Bureau of Reclamation
17. Wu W, Wang SSY (2007) One-dimensional modeling of dam-break flow over movable beds. J Hydraul Eng 133(1):48–58

18. Xia J, Lin B, Falconer RA, Wang G (2010) Modelling dam-break flows over mobile beds using a 2D coupled approach. *Adv Water Resour* 33(2):171–183

ภาคผนวก ก  
ข้อมูลเชิงนแก่งกรจกน

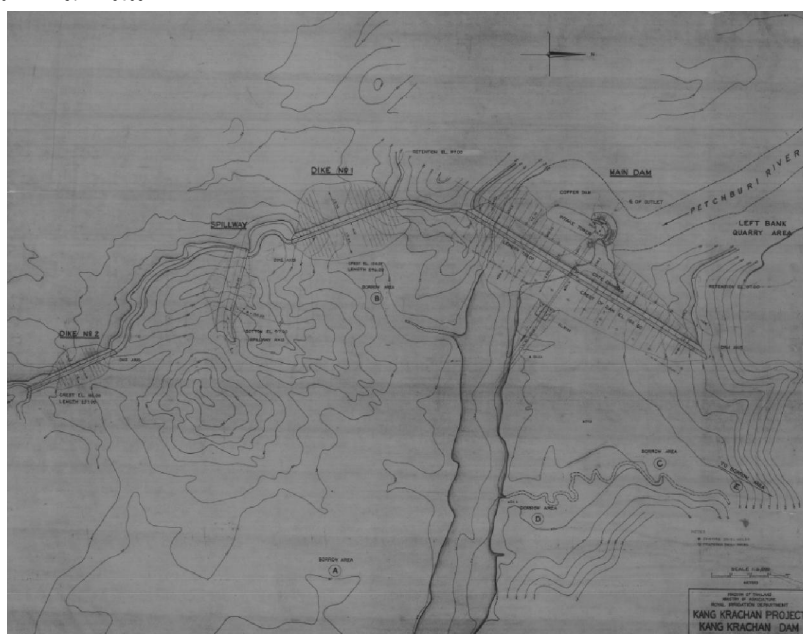
## ข้อมูลเขื่อนน้ำแก่งกระจาน

เขื่อนน้ำแก่งกระจานเป็นเขื่อนที่สร้างขวางกั้นแม่น้ำเพชรบุรี โดยมีตำแหน่งที่ตั้งดังแสดงในภาพที่ ก1. โครงสร้างของเขื่อนเป็นเขื่อนดิน ถูกสร้างขึ้นเมื่อปีพ.ศ. 2509 โดยมีความสามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้ประโยชน์ได้ 710 ล้าน ลบ.ม.ที่ระดับ อาคารระบายน้ำล้น เขื่อนถูกสร้างขึ้นเพื่อการเก็บกักน้ำ ผลิตกระแสไฟฟ้า การประมงและประโยชน์อื่นๆ



ภาพที่ ก1 ตำแหน่งที่ตั้งของเขื่อนแก่งกระจาน\*๑๗

ตัวเขื่อนแก่งกระจานเป็นเขื่อนหลักปิดกั้นแม่น้ำเพชรบุรี มีเขื่อนขนาดเล็กปิดแนวเขาอีก 2 แห่งด้านข้างตัวเขื่อนหลัก โดยเขื่อนขนาดเล็กปิดช่องเขาอีก 2 เขื่อนทำหน้าที่ปิดกั้นช่องทางน้ำเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ ก2



ภาพที่ ก2 แบบมุดด้านบนเขื่อนแก่งกระจาน

ลักษณะทางกายภาพของโครงการเขื่อนแก่งกระจาน ตามเอกสารโครงการอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน กรมชลประทานดังต่อไปนี้

สูง 58 ม. ความยาวสันเขื่อน 760 ม.

ระดับสันเขื่อน + 106 ร.ท.ก.

ระดับเก็บกัก + 99 ร.ท.ก.

ระดับเก็บกักสูงสุด 102.65 ร.ท.ก. ปริมาณน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุด 710 ล้าน ลบ.ม.

อาณาเขตรับน้ำ 2200 ตร.กม. พื้นที่อ่างฯ ที่ระดับเก็บกักสูงสุด 50 ตร.กม.

River Outlet ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.50 ม. ระบายน้ำได้สูงสุด 75 ลบ.ม./วินาที

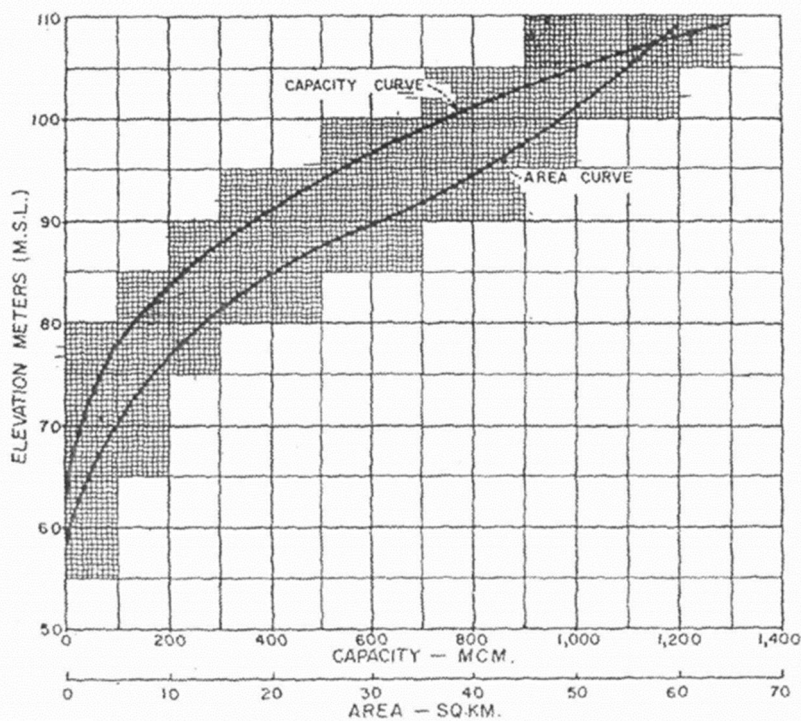
ทางระบายน้ำล้น ยาว 110 ม. ระบายน้ำได้ 1380 ลบ.ม./วินาที

มีเขื่อนดินปิดช่องเขาต่ำ ทางขวามือของเขื่อนอีก 2 แห่ง

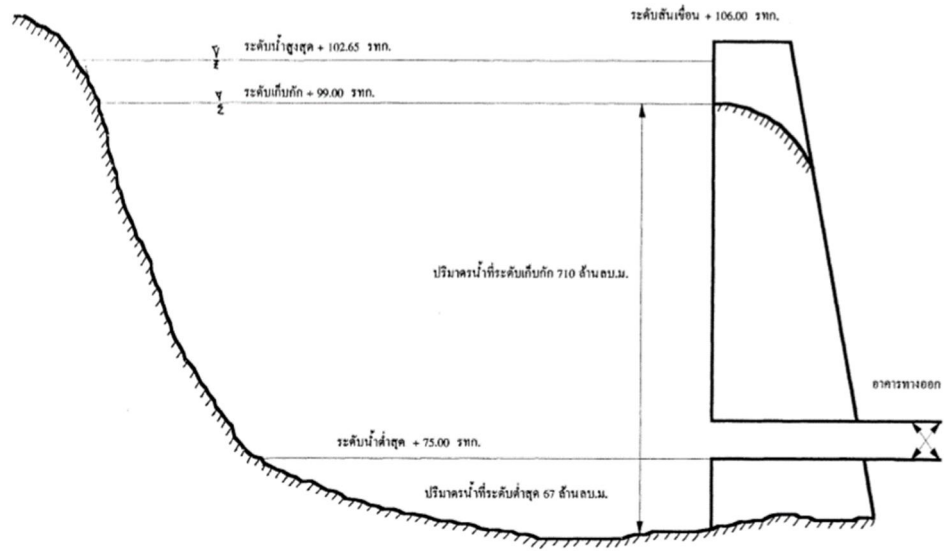
แห่งที่ 1 สูง 36 ม. ยาว 305 ม.

แห่งที่ 2 สูง 24 ม. ยาว 255 ม.

อ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานมีความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและความจุ(Capacity curve) กับระดับน้ำและพื้นที่อ่างเก็บน้ำ (Area curve) ดังแสดงในภาพที่ 3.11 ระดับสันฝายน้ำล้นและระดับเก็บกักสูงสุดแสดงในภาพที่ 3.12 ตามเอกสารบรรยายเขื่อนแก่งกระจาน กรมชลประทาน



ภาพที่ ก3 กราฟระดับความจุและพื้นที่อ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน \*๑๘



ภาพที่ ก4 กราฟระดับความจุและระดับน้ำเขื่อนแก่งกระจาน

ภาคผนวก ข1  
ภาพถ่ายขั้นตอนการปิดของเขื่อนจำลองไม่มีแกน



ภาพที่ ข1.1.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะที่เริ่มต้นเก็บน้ำ



ภาพที่ ข1.2.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะที่เริ่มต้นมีการไหลซึมของน้ำผ่านดินเขื่อนด้านขวา



ภาพที่ ข1.3.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานในขณะที่มีการทรุดตัวทางบริเวณด้านขวาของตัวเขื่อน



ภาพที่ ข1.4.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานในขณะที่มีการไหลล้นผ่านรอยแตกของเขื่อน



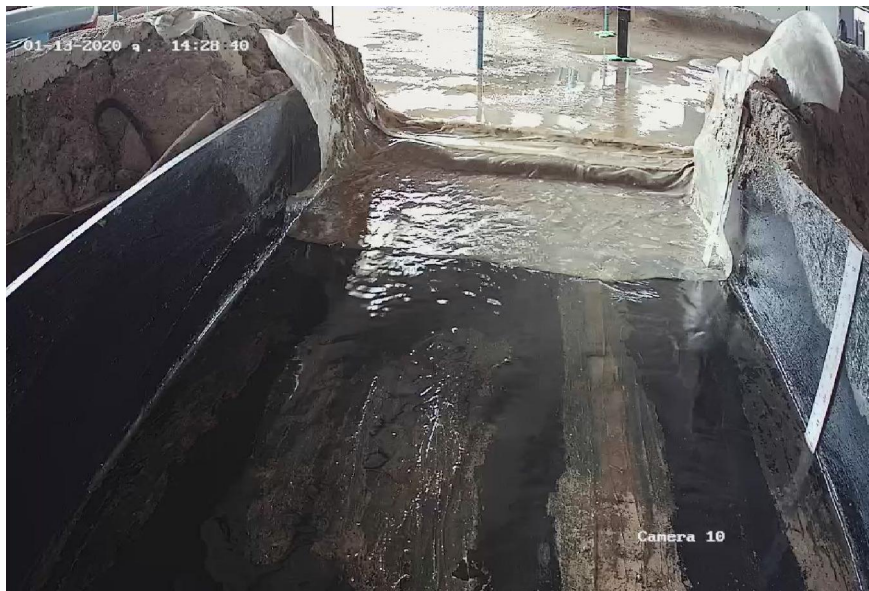
ภาพที่ ข1.5.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานในขณะที่รอยแตกของเขื่อนกำลังขยายตัว



ภาพที่ ข1.6.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานในขณะที่ตัวเขื่อนถูกกัดเซาะจนเป็นรอยแยกขนาดใหญ่



ภาพที่ ข1.7.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานในปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเริ่มลดระดับลง



ภาพที่ ข1.8.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานเมื่อสิ้นสุดการพิบัตของเขื่อน

ภาคผนวก ข2  
ภาพถ่ายขั้นตอนการปิดของเขื่อนจำลองที่มีแกนดินเหนียว



ภาพที่ ข2.1.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะน้ำเต็มอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ ข2.2.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะเริ่มมีการไหลซึมด้านปีกซ้ายของเขื่อน



ภาพที่ ข2.3.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะที่เริ่มมีการกักเซาะด้านซ้ายของเขื่อน



ภาพที่ ข2.4.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะที่เริ่มมีการไหลผ่านด้านซ้ายของเขื่อน



ภาพที่ ข2.5.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะที่มีการถล่มของแกนดินเหนียว



ภาพที่ ข2.6.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะที่น้ำไหลทะลักผ่านตัวเขื่อนส่วนซ้ายที่แตก



ภาพที่ ข2.7.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะที่เริ่มมีการไหลซึมด้านปีกซ้ายของเขื่อน



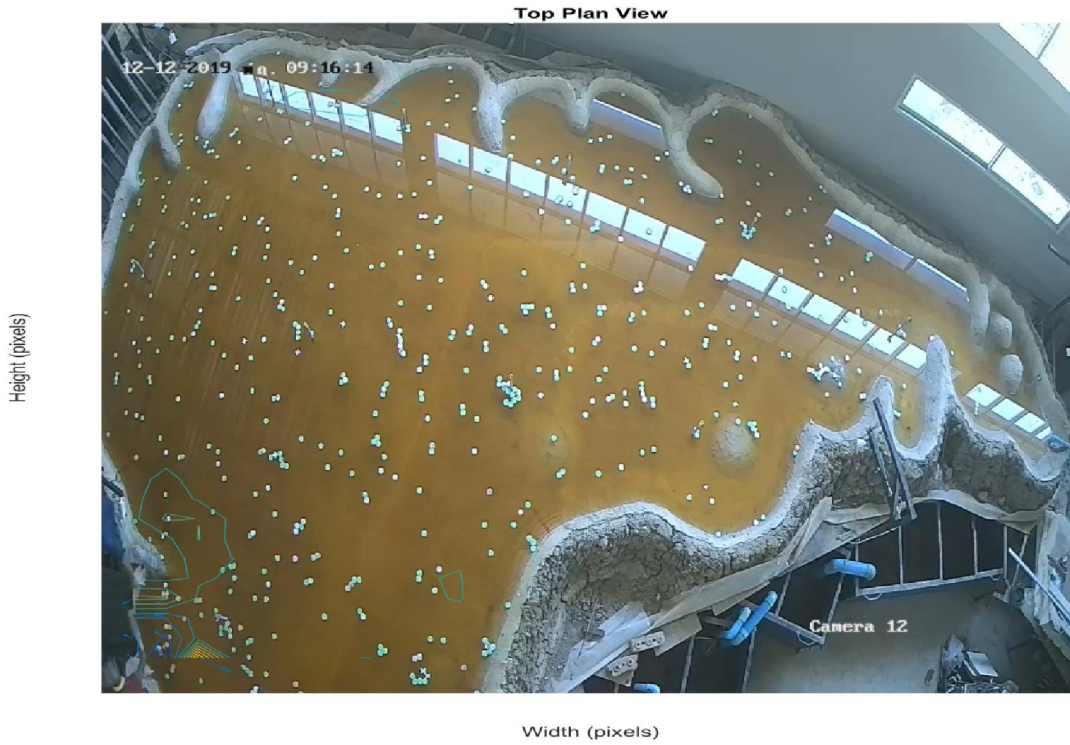
ภาพที่ ข2.8.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในขณะที่เริ่มมีการไหลซึมด้านปีกซ้ายของเขื่อน



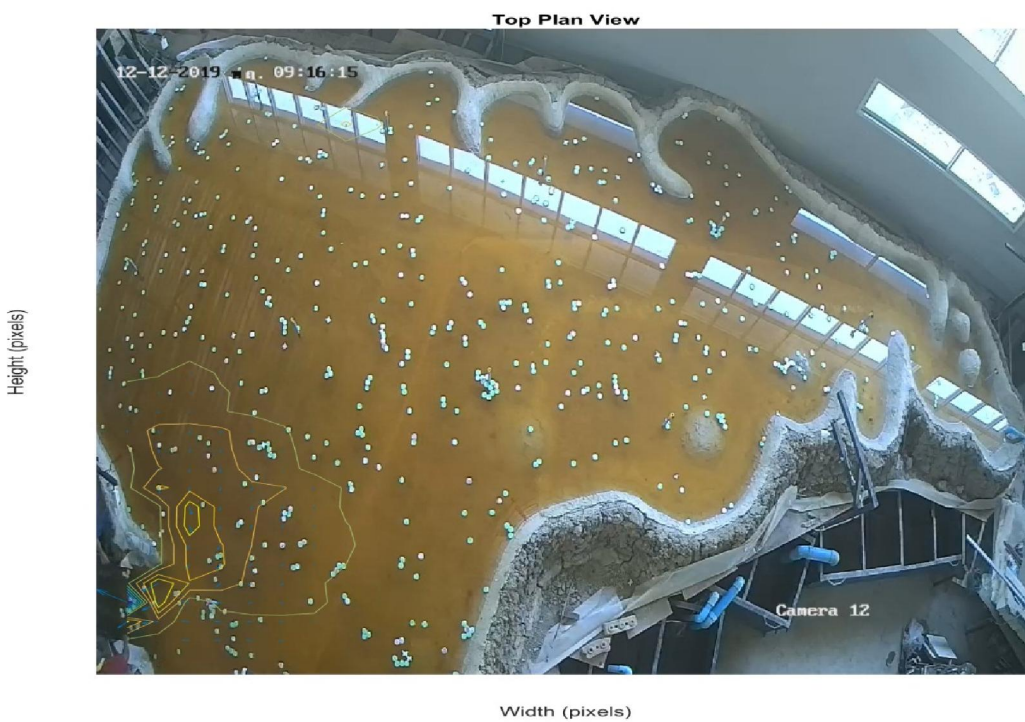
ภาพที่ ข2.9.แบบจำลองเขื่อนแก่งกระจานจำลองในตอนที่สิ้นสุดการไหลของน้ำ

ภาคผนวก ค1

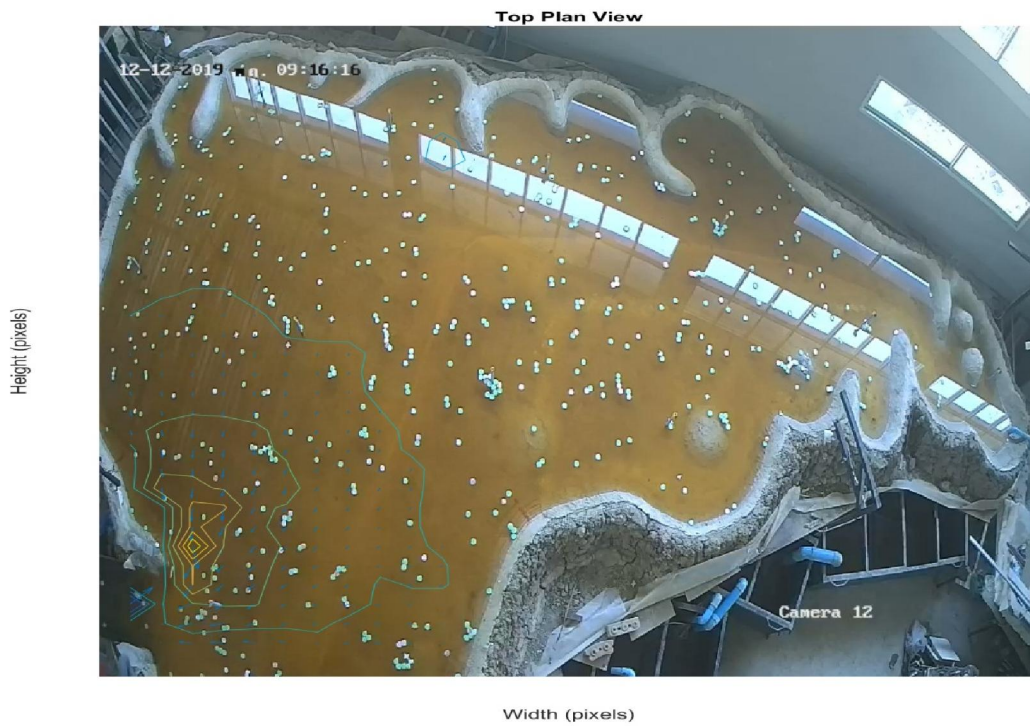
ภาพถ่ายการเคลื่อนตัวของน้ำด้านทิศตะวันตกของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานหลังเกิดการพิบัติของเขื่อน



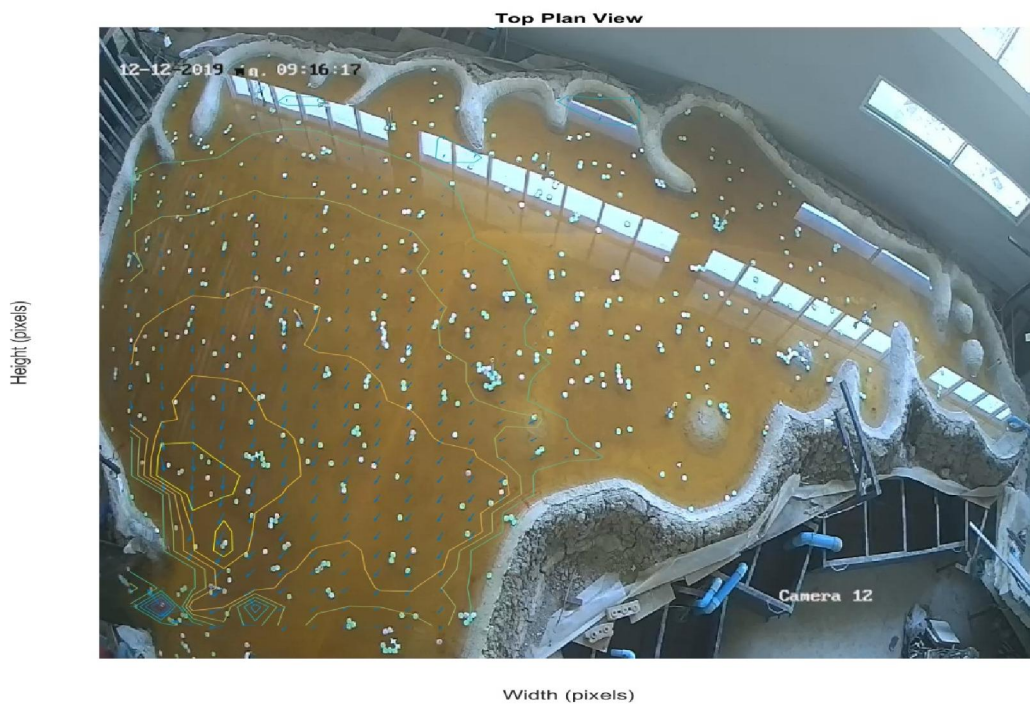
ภาพที่ ค1.1.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 1



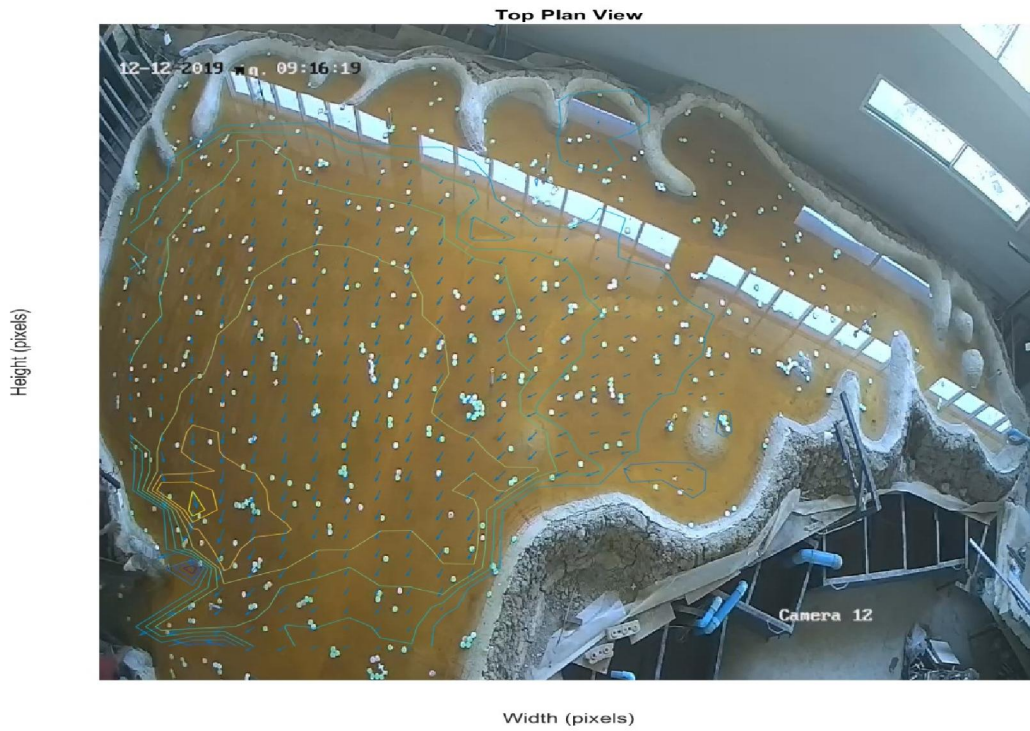
ภาพที่ ค1.2.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 2



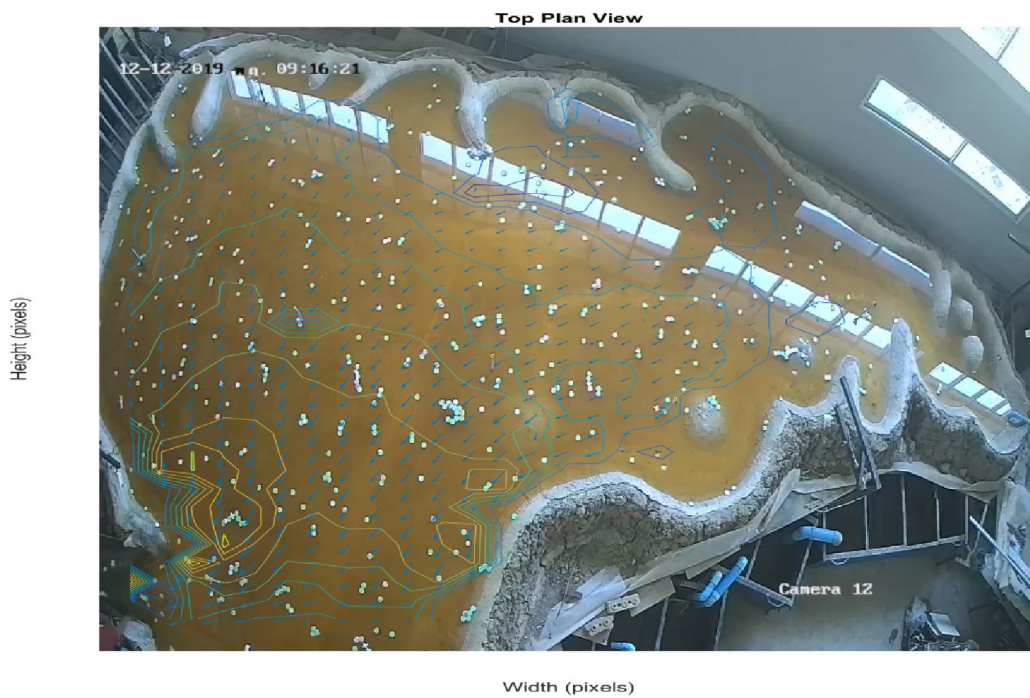
ภาพที่ ค1.3.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 3



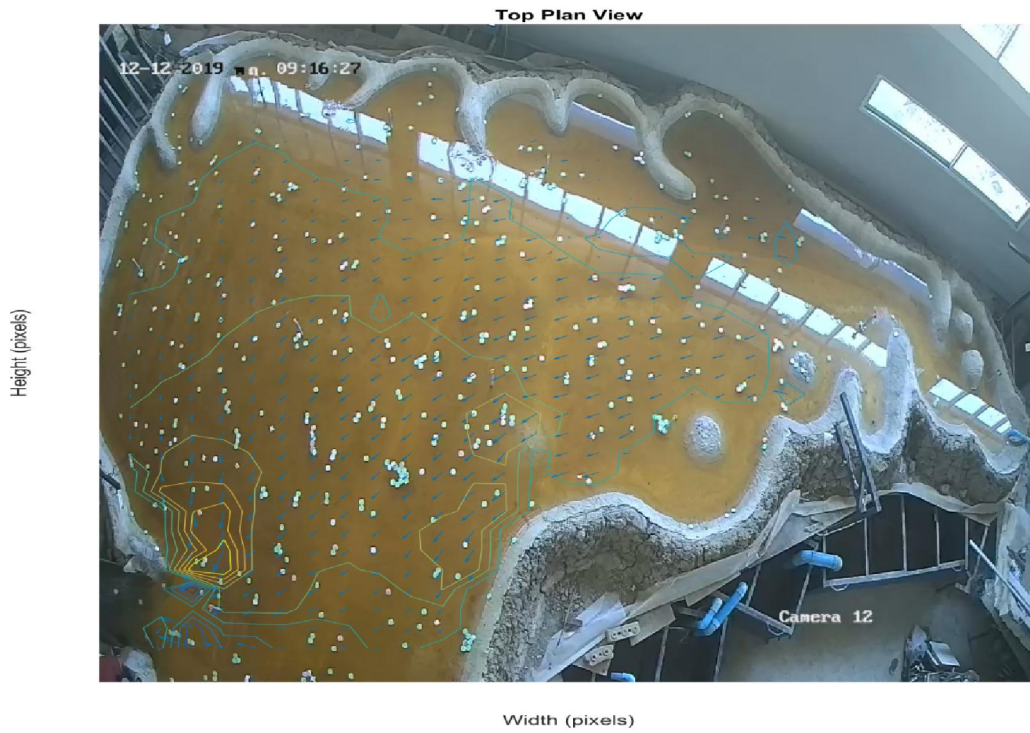
ภาพที่ ค1.4.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 4



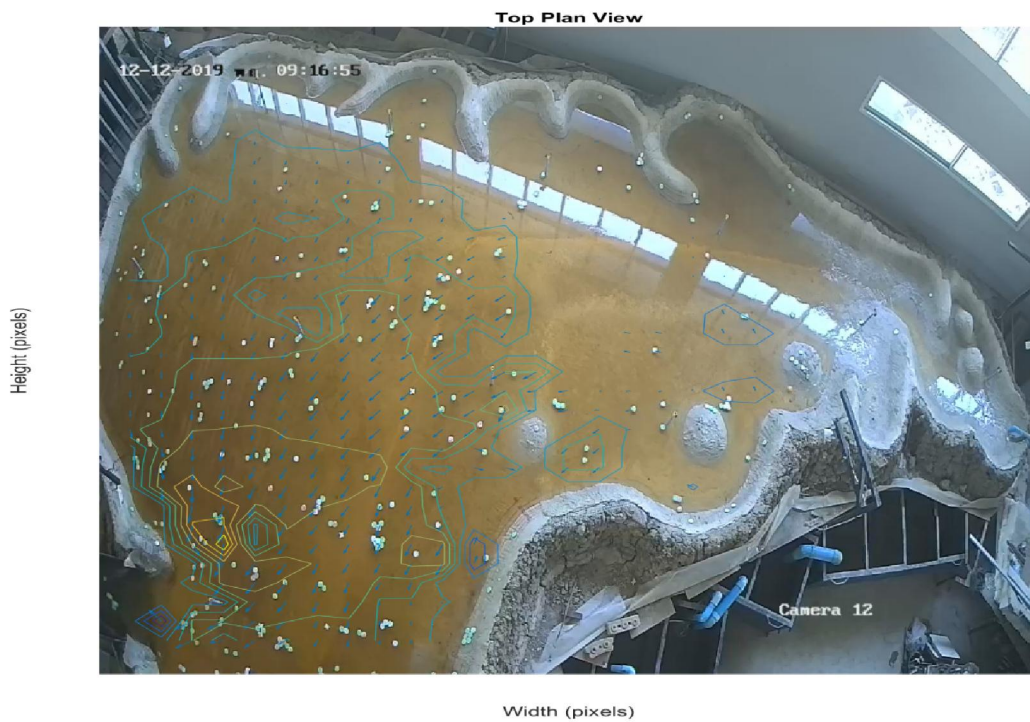
ภาพที่ ค1.5.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 6



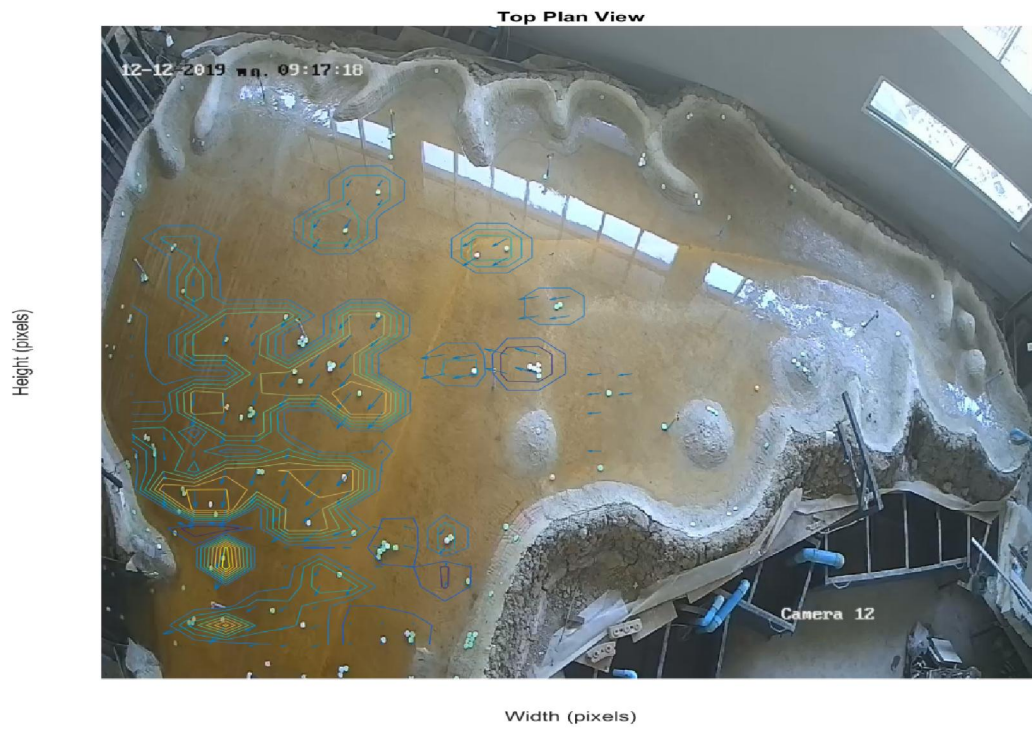
ภาพที่ ค1.6.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 8



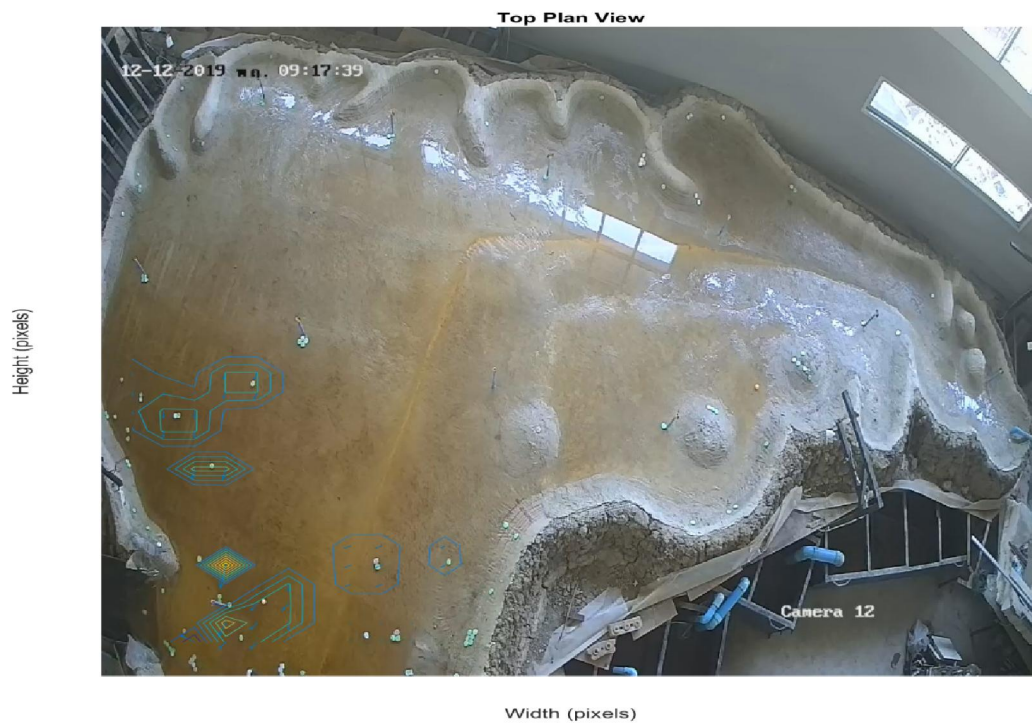
ภาพที่ ค1.7.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 14



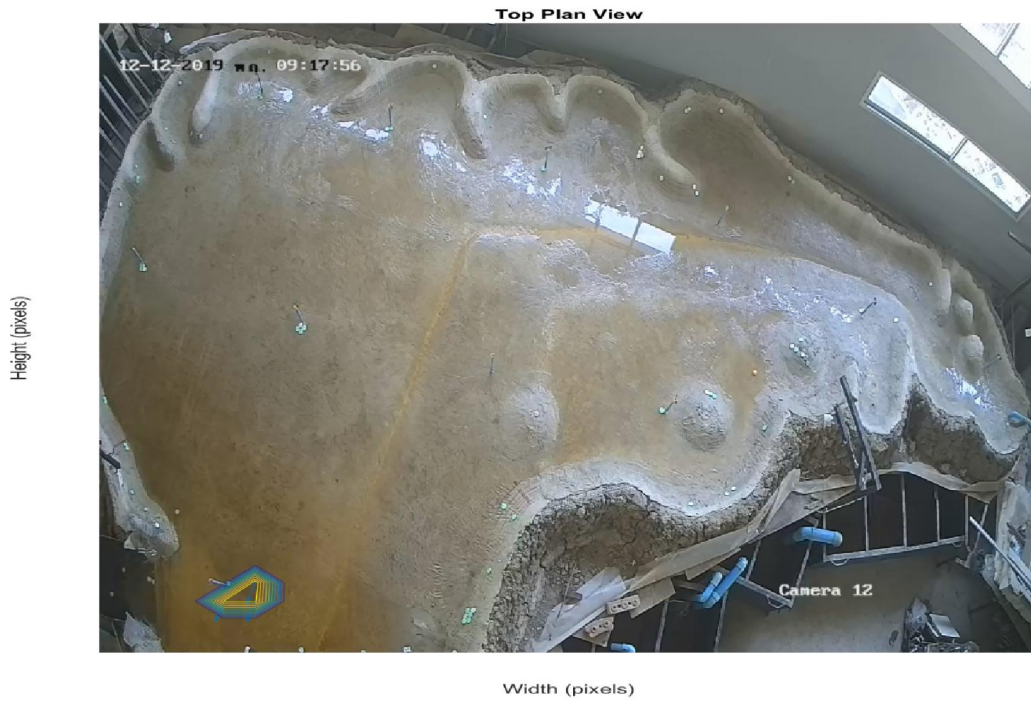
ภาพที่ ค1.8.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 42



ภาพที่ ค1.9.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 65



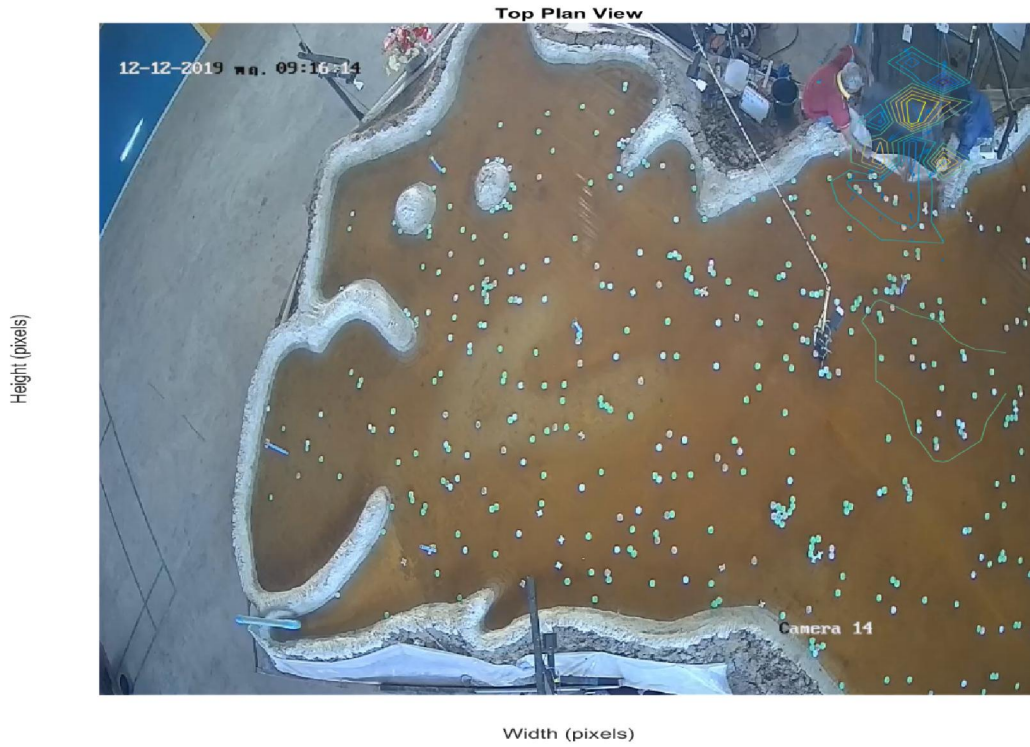
ภาพที่ ค1.10.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 86



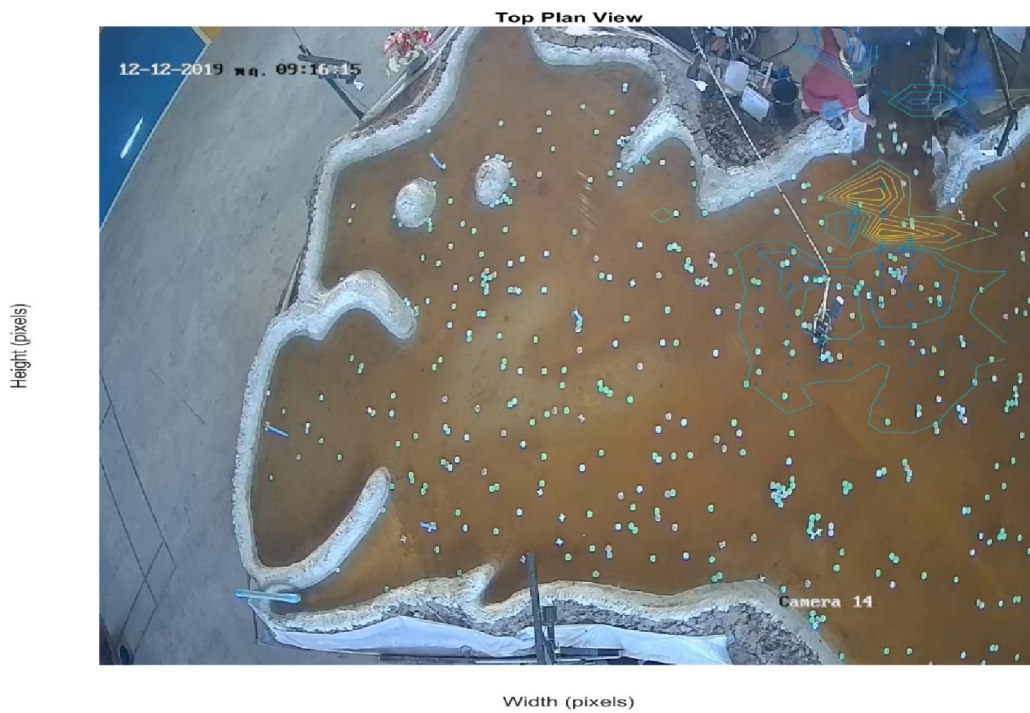
ภาพที่ ค1.11.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการ  
พิบัติของเขื่อน วินาที่ที่ 103

ภาคผนวก ค2

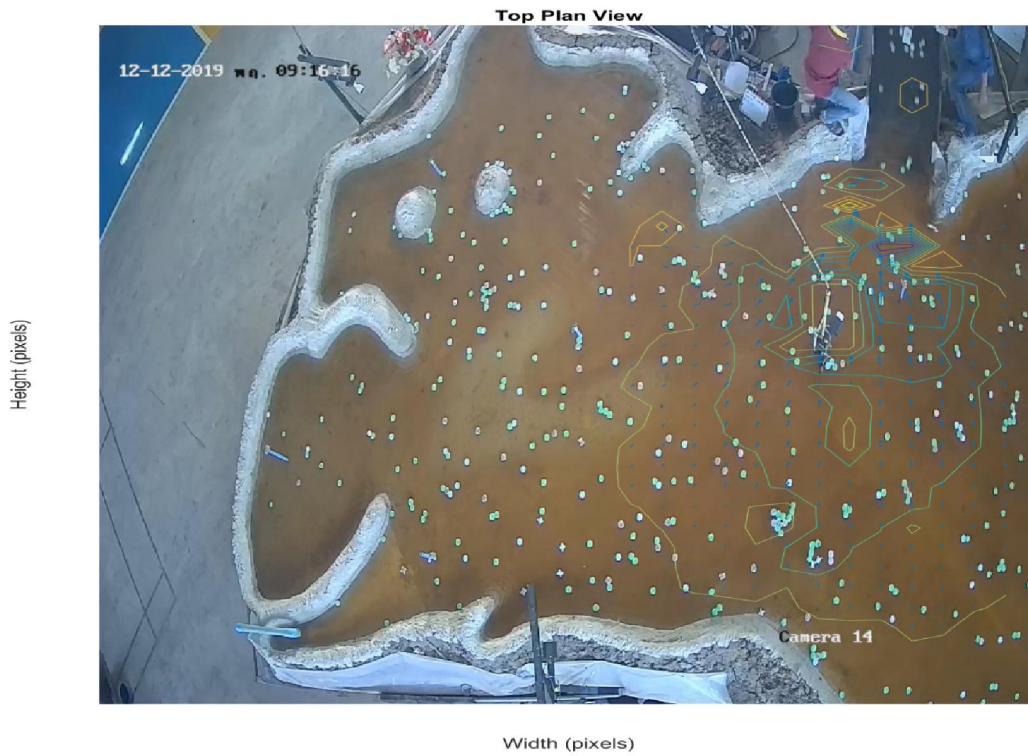
ภาพถ่ายการเคลื่อนตัวของน้ำด้านทิศตะวันออกของอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานหลังเกิดการพิบัติของเขื่อน



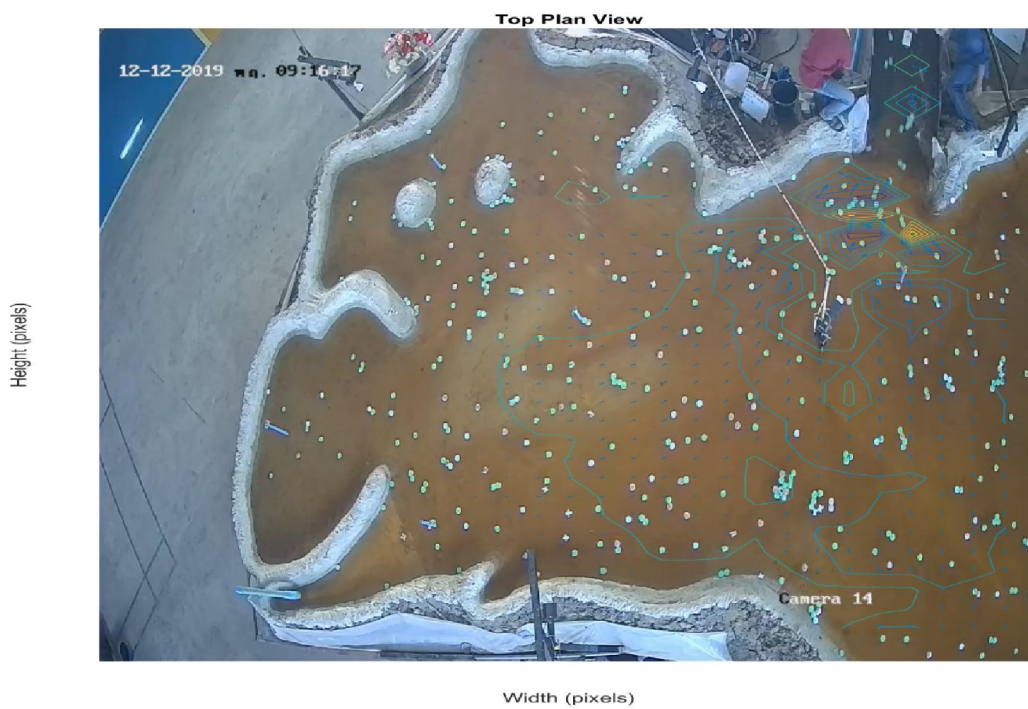
ภาพที่ ค2.1.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 1



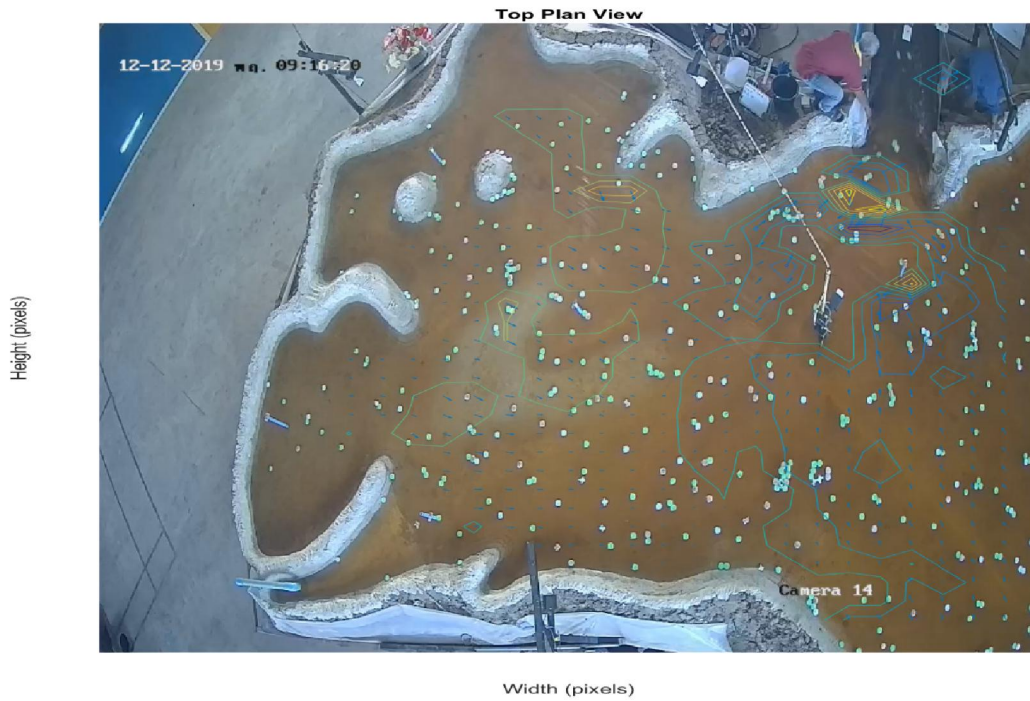
ภาพที่ ค2.2.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 2



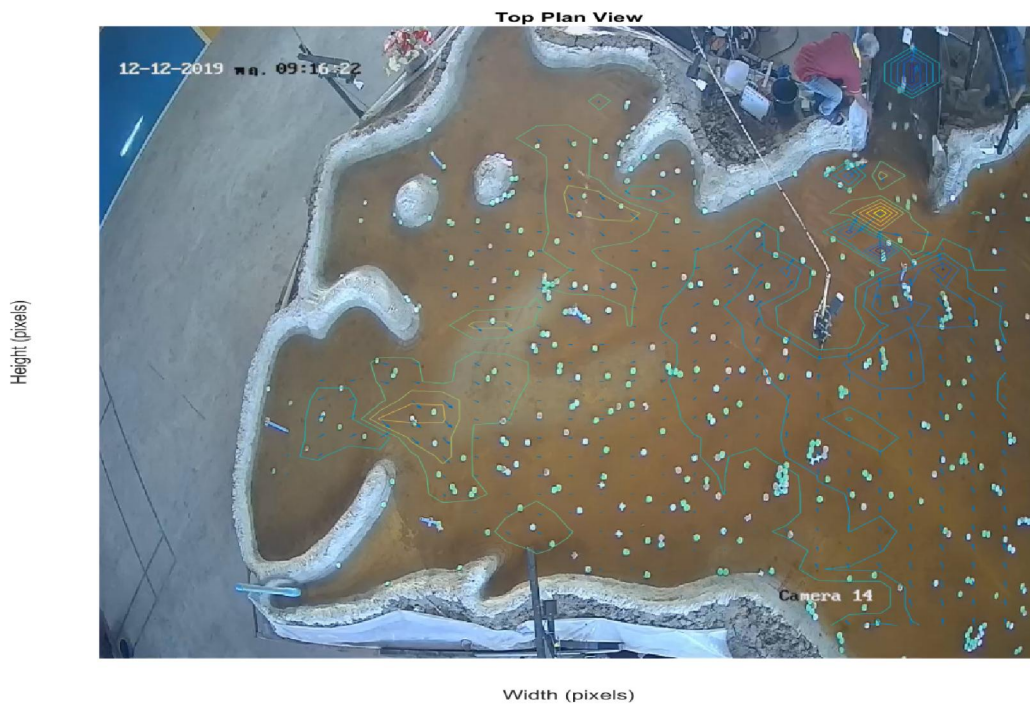
ภาพที่ ค2.3.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 3



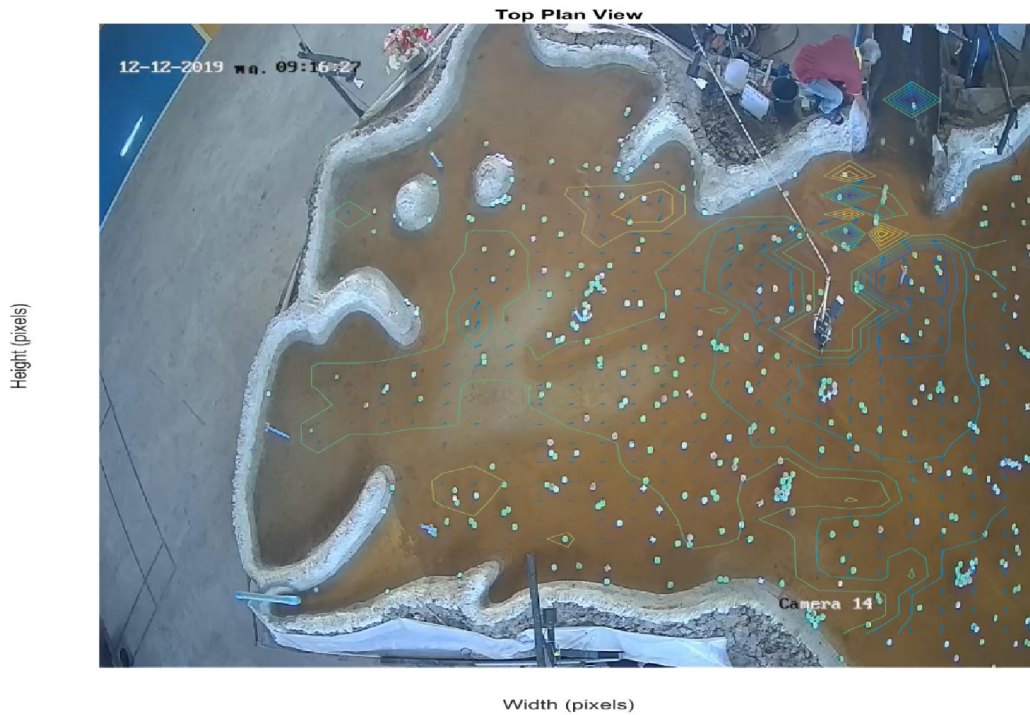
ภาพที่ ค2.4.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 4



ภาพที่ ค2.5.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 6



ภาพที่ ค2.6.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 8



ภาพที่ ค2.7.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 14



ภาพที่ ค2.8.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 42

Height (pixels)



Width (pixels)

ภาพที่ ค2.9.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 65

Height (pixels)



Width (pixels)

ภาพที่ ค2.10.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 86



ภาพที่ ค2.11.การเคลื่อนตัวของน้ำภายในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้านทิศตะวันตกเมื่อเกิดการ  
พิบัติของเขื่อน วินาทีที่ 103

ภาคผนวก ง  
การศึกษาการพิบัติเชื่อมแก่งกระเจานด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

## การศึกษาการพิบัติเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

### ง.1 วัตถุประสงค์การศึกษา

การศึกษาการพิบัติเขื่อนแก่งกระจานด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณน้ำหลากที่ไหลออกจากเขื่อนจากลักษณะการพังทลายของเขื่อนในรูปแบบต่างๆ และวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านพื้นที่ท้ายน้ำและแผนที่น้ำท่วมที่เกิดจากการเกิดการพิบัติเขื่อน

### ง.2 พื้นที่ศึกษาและปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในอดีต

#### ง.2.1 กลุ่มน้ำเพชรบุรี

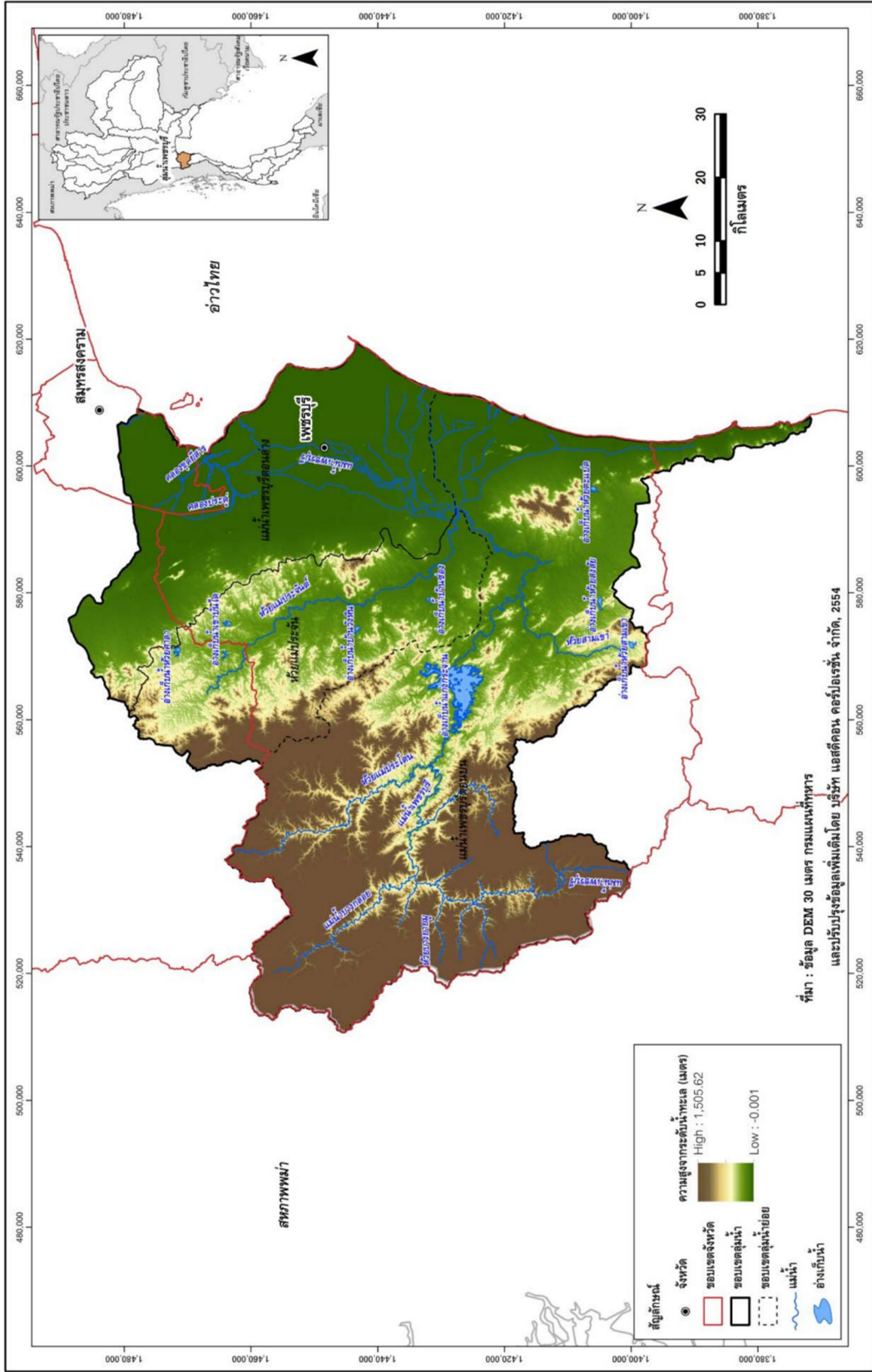
กลุ่มน้ำเพชรบุรีมีพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดประมาณ 6,204 ตร.กม. หรือ 3,877,359 ไร่ ลักษณะของลำน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นลำน้ำสายสั้นๆ ไหลสู่ทะเลอ่าวไทย กลุ่มน้ำหลักแม่น้ำเพชรบุรีแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มน้ำสาขา ได้แก่

1. กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน หรือพื้นที่ลุ่มน้ำของแม่น้ำเพชรบุรีสายหลักเหนือเขื่อนเพชร มีพื้นที่ประมาณ 3,508 ตร.กม. พื้นที่ตอนบนเหนืออ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานเป็นเขตภูเขาสูง และพื้นที่ลาดชัน พื้นที่ลาดเทจากทิศตะวันตกมาตะวันออก มีความลาดชันมากกว่า 35% ความสูงพื้นที่โดยเฉลี่ย 700 ม.รทก. ไม่เหมาะที่จะทำการเกษตรกรรมเพราะเป็นเนินเขาสูง โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ป่าส่วนใหญ่เป็นเขตนวนอุทยานแห่งชาติ พื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่างได้เขื่อนแก่งกระจานถึงเขื่อนเพชรเป็นเขตที่ลาดเชิงเขาที่มีแม่น้ำสายสายสั้นและลำธารหลายสาย ลำน้ำสายสำคัญ ได้แก่ ห้วยสงไสยและห้วยผาก ซึ่งห้วยผากมีความยาวลำน้ำ 32 กม. ความจุลำน้ำประมาณ 120 ลบ.ม./วินาที (ที่สถานี B.8A) และมีความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำประมาณ 1:600 ทั้งนี้ สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำสาขาเป็นลูกคลื่นลอนลาดและมีที่ราบเชิงเขาสั้นๆ ตามแนวลำน้ำสายหลัก ความสูงพื้นที่โดยเฉลี่ย 100 ม.รทก. ลักษณะดินเกิดจากตะกอนทับถมมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ จึงเหมาะแก่การเกษตร และพื้นที่ด้านตะวันออกเป็นพื้นที่เขตที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล ความสูงพื้นที่โดยเฉลี่ย 3 ม.รทก. มีการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมบางส่วนเป็นหาดทรายและสถานที่พักผ่อน เป็นเขตพัฒนาการท่องเที่ยว

2. กลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำเพชรบุรีตอนล่าง หรือพื้นที่ท้ายเขื่อนเพชร มีพื้นที่ประมาณ 1,593 ตร.กม. เป็นเขตที่ราบลุ่ม ความสูงพื้นที่โดยเฉลี่ย 5 ม.รทก. เหมาะแก่การเกษตร พื้นที่ปัจจุบัน ได้แก่ พื้นที่เกือบทั้งหมดในเขตชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี โดยพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำมีน้ำทะเลท่วมถึง

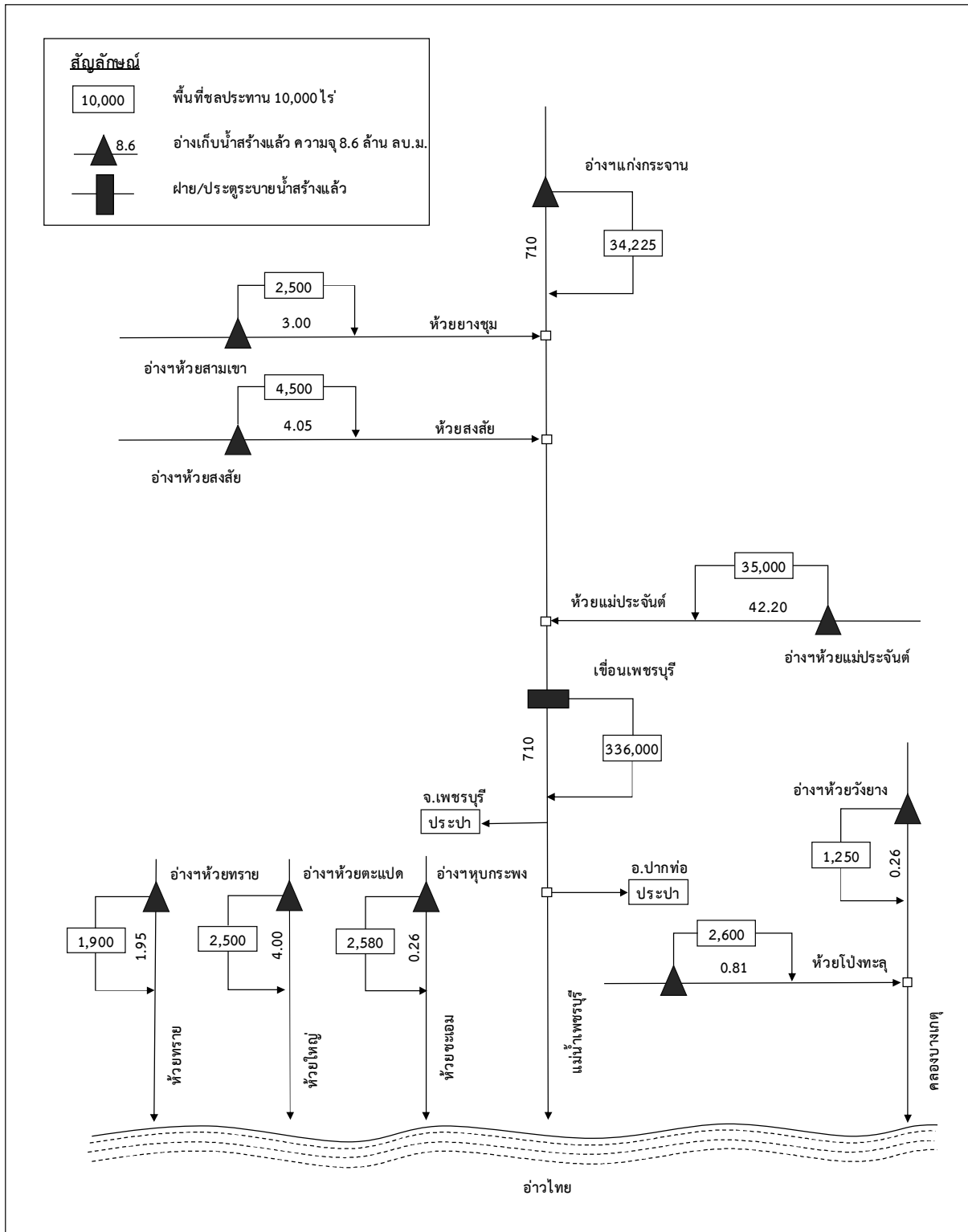
3. กลุ่มน้ำสาขาห้วยแม่ประจันต์ มีพื้นที่ประมาณ 1,152 ตร.กม. ลำน้ำสายหลัก ได้แก่ แม่น้ำห้วยแม่ประจันต์ ซึ่งมีความยาวลำน้ำ 56 กม. ความจุลำน้ำประมาณ 480 ลบ.ม./วินาที (ที่สถานี B.6) และมีความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำประมาณ 1 : 700 ทั้งนี้ สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำสาขาโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ลาดเชิงเขามีที่ราบริมแม่น้ำเล็กน้อย ตอนบนเป็นเขตพื้นที่เขาค่อนข้างสูงชัน ตอนล่างเป็นที่ราบลาดเชิงเขา มีความเหมาะสมต่อการเกษตรไม่มากนัก

ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีและแผนผังลุ่มน้ำแสดงได้ในรูปที่ ง.2.1-1 และรูปที่ ง.2.1-2 ตามลำดับ และแสดงรายละเอียดของลุ่มน้ำสาขาไว้ในตารางที่ ง.2.1-1



รูปที่ ง.2.1-1 ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรี

ที่มา: โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแดง, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2555



รูปที่ ง.2.1-2 ระบบสูบน้ำเพชรบุรี

ที่มา: โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 กลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง, สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2555

ตารางที่ ง.2.1-1 รายละเอียดของกลุ่มน้ำสาขาในกลุ่มน้ำเพชรบุรี

ลำดับ	กลุ่มน้ำสาขา	พื้นที่กลุ่มน้ำสาขา		ครอบคลุมพื้นที่บางส่วน	
		(ตร.กม.)	(ไร่)	จังหวัด	อำเภอ
1	แม่น้ำเพชรบุรีตอนบน	3,475.57	2,172,231	ราชบุรี	บ้านคา
				เพชรบุรี	หนองหญ้าปล้อง ชะอำ ท่ายาง แก่งกระจาน
				ประจวบคีรีขันธ์	ปราณบุรี หัวหิน
2	ห้วยแม่ประจัน	1,123.14	701,960	ราชบุรี	ปากท่อ บ้านคา
				เพชรบุรี	เขาย้อย หนองหญ้าปล้อง ท่ายาง บ้านลาด แก่งกระจาน
3	แม่น้ำเพชรบุรีตอนล่าง	1,605.07	1,003,167	ราชบุรี	ปากท่อ
				สมุทรสงคราม	เมืองสมุทรสงคราม อัมพวา
				เพชรบุรี	เมืองเพชรบุรี เขาย้อย หนองหญ้าปล้อง ท่ายาง บ้านลาด บ้านแหลม
รวม		6,204	3,877,359		

ง.2.2 ปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในอดีต

ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา จังหวัดเพชรบุรีประสบปัญหาอุทกภัยอยู่บ่อยครั้ง ในการบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทานมีอ่างเก็บน้ำและเขื่อนทดน้ำที่สามารถช่วยบรรเทาอุทกภัย ได้แก่

- 1) อ่างเก็บน้ำ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน อ่างเก็บน้ำห้วยแม่ประจันต์ และอ่างเก็บน้ำห้วยผาก
- 2) เขื่อนทดน้ำ ได้แก่ เขื่อนเพชร
- 3) ระบบส่งน้ำและระบายน้ำ ประกอบด้วย คลองส่งน้ำ ความยาว 410.136 กม. คลองระบายน้ำ ความยาว 246.156 กม. รวมถึงแม่น้ำเพชรบุรีและคลองธรรมชาติต่างๆ
- 4) อาคารระบายน้ำ โดยเฉพาะในระบบป้องกันน้ำเค็ม ประมาณ 60 แห่ง

อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางในพื้นที่ลุ่มน้ำจะช่วยชะลอน้ำหลากในฤดูฝนได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกบริเวณเหนือเขื่อน จากข้อมูลฝนในอดีตกรณีปีเกิดน้ำท่วมซึ่งมาจากสาเหตุพายุหมุนเขตร้อนพายุดีเปรสชัน หรือร่องความกดอากาศต่ำพัดผ่านเป็นเวลานาน จะมีฝนตกติดต่อกันมากกว่า 300 มม. อ่างเก็บน้ำที่มีอยู่จะเก็บกักน้ำท่าจนเกินความสามารถในการกักเก็บจนต้องระบายน้ำออก ทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่ง และเข้าท่วมพื้นที่เพาะปลูกและที่อยู่อาศัยบริเวณสองฝั่งลำน้ำ การบริหารจัดการน้ำเพื่อลดความเสียหายจากการเกิดอุทกภัยใช้แนวทางของกรมชลประทานทั้งแผนก่อนน้ำมา แผนระหว่างน้ำมา และแผนหลังน้ำลด ทั้งนี้ภาวะน้ำท่วมที่ยังมีอยู่ สาเหตุจึงมาจากปริมาณฝนที่มากเกินไปซึ่งจำกัดที่เครื่องมือและอุปกรณ์ของกรมชลประทานในกลุ่มน้ำเพชรบุรีจะรับมือได้

## 1) ปัญหาอุทกภัยปี พ.ศ. 2559

ได้เกิดฝนตกหนักในวันที่ 1 พฤศจิกายน 2559 ทำให้ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำแม่ประจันต์มีปริมาณมาก เนื่องจากมีน้ำจาก จ.ราชบุรี เข้ามารวมเพิ่มมากขึ้น ทำให้อ่างเก็บน้ำแม่ประจันต์ น้ำเต็มอ่างเกินจำนวนที่จะรับได้ จึงมีการระบายน้ำจากห้วยแม่ประจันต์ลงในแม่น้ำเพชรบุรีมากขึ้น ส่งผลทำให้เขื่อนเพชรต้องเปิดการระบายน้ำในอัตรา 190 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และต้องเร่งผลักดันน้ำระบายออกทะเลโดยเร็ว เนื่องจากอำเภอเมือง ในพื้นที่ 4 ตำบล คือ บ้านกุ่ม บ้านหม้อ หนองโสน ต้นมะม่วง มีบ้านเรือนประชาชนได้รับความเดือดร้อนรวม 1,880 หลังคาเรือน อำเภอบ้านแหลม 2 ตำบล คือ บางครกและท่าแร่ รวม 880 หลังคาเรือน น้ำได้ไหลเข้าท่วมที่นาและบ้านเรือน ตลอดถนนหนทางในเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรี และต่อมาในวันที่ 3 พฤศจิกายน 2559ชลประทานจังหวัดเพชรบุรีได้เพิ่มการระบายน้ำผ่านเขื่อนเพชร จากวันที่ 2 พฤศจิกายน 2559 ระบายอยู่ที่ 210 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เป็น 228 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ส่งผลให้ปริมาณน้ำไหลบ่าเข้าท่วม 2 อำเภอ ประกอบด้วย 1) อำเภอเมือง ทั้งหมด 5 ตำบล 1 เทศบาลเมือง 2) อำเภอบ้านแหลม 3 ตำบล โดยปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีก

## 2) ปัญหาอุทกภัยปี พ.ศ. 2560

ช่วงปลายเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนธันวาคม 2560 มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมอ่าวไทยและภาคใต้มีกำลังค่อนข้างแรง ประกอบกับอิทธิพลจากหย่อมความกดอากาศต่ำที่เคลื่อนตัวเข้าปกคลุมภาคใต้ถึง 2 ครั้ง ส่งผลทำให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมากเกิดขึ้นในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะทางด้านตะวันออกของภาค สำหรับหย่อมความกดอากาศต่ำที่เคลื่อนเข้าปกคลุมพื้นที่ภาคใต้ในครั้งแรกเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำที่อ่อนกำลังลงจากพายุ "คีโรกิ" (KIROGI) ซึ่งเคลื่อนเข้าปกคลุมภาคใต้ในช่วงวันที่ 20-21 พ.ย. 2560 ส่งผลทำให้มีฝนตกหนักมากในหลายจังหวัดของภาคใต้ เช่น จังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ พังงา พัทลุง และตรัง โดยเฉพาะจังหวัดเพชรบุรี ที่เกิดน้ำท่วมหนักในหลายพื้นที่ ส่วนครั้งที่สอง หย่อมความกดอากาศต่ำได้เคลื่อนเข้าปกคลุมบริเวณภาคใต้ตอนล่าง ในช่วงวันที่ 30 พ.ย. - 1 ธ.ค. 2560 ส่งผลให้เกิดฝนตกหนักในพื้นที่ดังกล่าว ทั้งนี้ในช่วงวันที่ 20 พ.ย. -9 ธ.ค. 2560 จังหวัดที่ฝนตกหนักมาก ปริมาณฝนสะสมเกิน 90 มิลลิเมตรต่อวัน ได้แก่ จังหวัดราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา นราธิวาส ปัตตานี ยะลา ระนอง ตรัง พังงา กระบี่ ภูเก็ต ส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมในหลายพื้นที่

ทั้งนี้ ดาวเทียม Landsat-8 ได้บันทึกภาพบริเวณจังหวัดเพชรบุรี เมื่อวันที่ 25 พ.ย. 2560 และจากการวิเคราะห์ภาพจากดาวเทียมพบพื้นที่ถูกน้ำท่วมประมาณ 68,060 ไร่ หรือคิดเป็น 1.76% ของพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี จากสถานการณ์ฝนตกหนักส่งผลทำให้อ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานมีปริมาณน้ำไหลลงอ่างเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุด 20.04 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในวันที่ 22 พ.ย. 2560 ทั้งนี้ปริมาณน้ำไหลลงอ่างเริ่มเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 22 พ.ย. 2560 โดยปริมาณน้ำไหลลงอ่างรวมตั้งแต่วันที่ 22-24 พ.ย. 2560 มีทั้งสิ้น 39.96 ล้านลูกบาศก์เมตร แต่สถานการณ์ปริมาณน้ำกักเก็บยังคงอยู่ในเกณฑ์น้ำปานกลาง



รูปที่ ง.2.2-1 สภาพน้ำท่วมในเขตตัวเมืองเพชรบุรี เดือนพฤศจิกายน 2561

### 3) ปัญหาอุทกภัยปี พ.ศ. 2561

เดือนกรกฎาคม 2561 มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมทะเลอันดามัน ประเทศไทยและอ่าวไทยมีกำลังแรงเกือบตลอดเดือน ประกอบกับร่องมรสุมได้พาดผ่านประเทศเมียนมา ภาคเหนือตอนบน และประเทศลาว ในช่วงกลางเดือน นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากพายุโซนร้อน "เซินติญ" (SONTINH) ที่เคลื่อนเข้ามาใกล้ประเทศไทย โดยอ่อนกำลังลงเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำปกคลุมประเทศลาวตอนบนในวันที่ 20 กรกฎาคม 2561 ต่อมาในเดือนสิงหาคม มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ยังคงพัดปกคลุมทะเลอันดามัน ประเทศไทยและอ่าวไทยตลอดทั้งเดือน โดยมีกำลังแรงในช่วงกลางเดือน ประกอบกับมีร่องมรสุมพาดผ่านบริเวณประเทศเมียนมา ลาวตอนบน และเวียดนามตอนบนเข้าสู่หย่อมความกดอากาศต่ำบริเวณอ่าวตังเกี๋ยในช่วงต้นเดือนและปลายเดือน และในบางช่วงร่องมรสุมได้เลื่อนลงมาพาดผ่านประเทศไทยบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน นอกจากนี้ในช่วงกลางเดือนพายุโซนร้อน "เบบินคา" (BEBINCA) ได้เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยบริเวณจังหวัดเชียงรายในช่วงเช้าของวันที่ 18 กรกฎาคม 2561 ขณะมีกำลังแรงเป็นพายุดีเปรสชัน จากนั้นได้เคลื่อนผ่านจังหวัดเชียงใหม่ พร้อมทั้งอ่อนกำลังลงเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงปกคลุมประเทศเมียนมา จากปัจจัยดังกล่าว ส่งผลให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมากในหลายพื้นที่ของประเทศไทย รวมถึงบริเวณจังหวัดเพชรบุรีและพื้นที่ใกล้เคียง

จากสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลให้มีน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน จ.เพชรบุรีค่อนข้างมาก โดยในวันที่ 19 กรกฎาคม 2561 เพียงวันเดียวมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างสูงถึง 159.89 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งถือเป็นปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนรายวันที่สูงที่สุดของเขื่อนแก่งกระจานตั้งแต่มีการสร้างเขื่อน ทั้งนี้ สถานการณ์น้ำกักเก็บในอ่างเริ่มเพิ่มขึ้นมาตั้งแต่ช่วงเดือนมิถุนายน 2561 และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจน

เกินเกณฑ์ควบคุมตัวบนในวันที่ 19 กรกฎาคม 2561 หลังจากนั้นปริมาณน้ำยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเกินระดับกักเก็บปกติตั้งแต่วันที่ 6 สิงหาคม 2561 และเกิดสถานการณ์ต่อเนื่องไปจนถึงวันที่ 13 กันยายน 2561 สถานการณ์จึงเริ่มกลับเข้าสู่สภาวะปกติ รวมระยะเวลาที่น้ำเกินระดับกักเก็บปกติทั้งสิ้น 39 วัน โดยมีปริมาณน้ำกักเก็บสูงสุด 777.54 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2561 ซึ่งถือเป็นปริมาณน้ำกักเก็บมากที่สุดเมื่อเทียบกับปี 2546 2549 และ 2550 ซึ่งเป็นปีที่เคยเกิดสถานการณ์น้ำล้นเขื่อน แต่หากเทียบระยะเวลาที่ปริมาณน้ำเกินระดับกักเก็บของแต่ละปี จะพบว่า ปี 2546 มีระยะเวลานานที่สุดถึง 54 วัน โดยเกิดสถานการณ์ตั้งแต่ช่วงกลางเดือนตุลาคมไปจนถึงต้นเดือนธันวาคม 2546

จากสถานการณ์ฝนตกหนักรวมทั้งปริมาณน้ำที่ระบายมาจากเขื่อนแก่งกระจาน ส่งผลทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำเพชรบุรีเพิ่มสูงขึ้นและเกิดสถานการณ์น้ำล้นตลิ่ง โดยที่บริเวณ ต.ต้นมะม่วง อ.เมืองเพชรบุรี เกิดระดับล้นตลิ่งตั้งแต่วันที่ 21 ส.ค. 2561 จนถึงวันที่ 26 ส.ค. 2561 รวม 6 วัน โดยมีระดับน้ำสูงสุด 6.75 เมตร รทก. เมื่อวันที่ 23 ส.ค. 61 ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่ง 0.65 เมตร และที่บริเวณ ต.กัลดีหลวง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี เกิดระดับน้ำล้นตลิ่งตั้งแต่วันที่ 7 ส.ค. 2561 จนถึงวันที่ 10 ก.ย. 2561 รวม 35 วัน โดยมีระดับน้ำสูงสุด 27.68 เมตร รทก. เมื่อวันที่ 21 ก.ย. 2561 ซึ่งสูงกว่าระดับตลิ่ง 1.59 เมตร

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ได้รายงานสถานการณ์น้ำท่วมบริเวณจังหวัดเพชรบุรี เมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2561 โดยมีน้ำท่วม ใน 6 อำเภอ 20 ตำบล 76 หมู่บ้าน 17 ชุมชน ประชาชนได้รับผลกระทบ 497 ครัวเรือน 2,048 คน

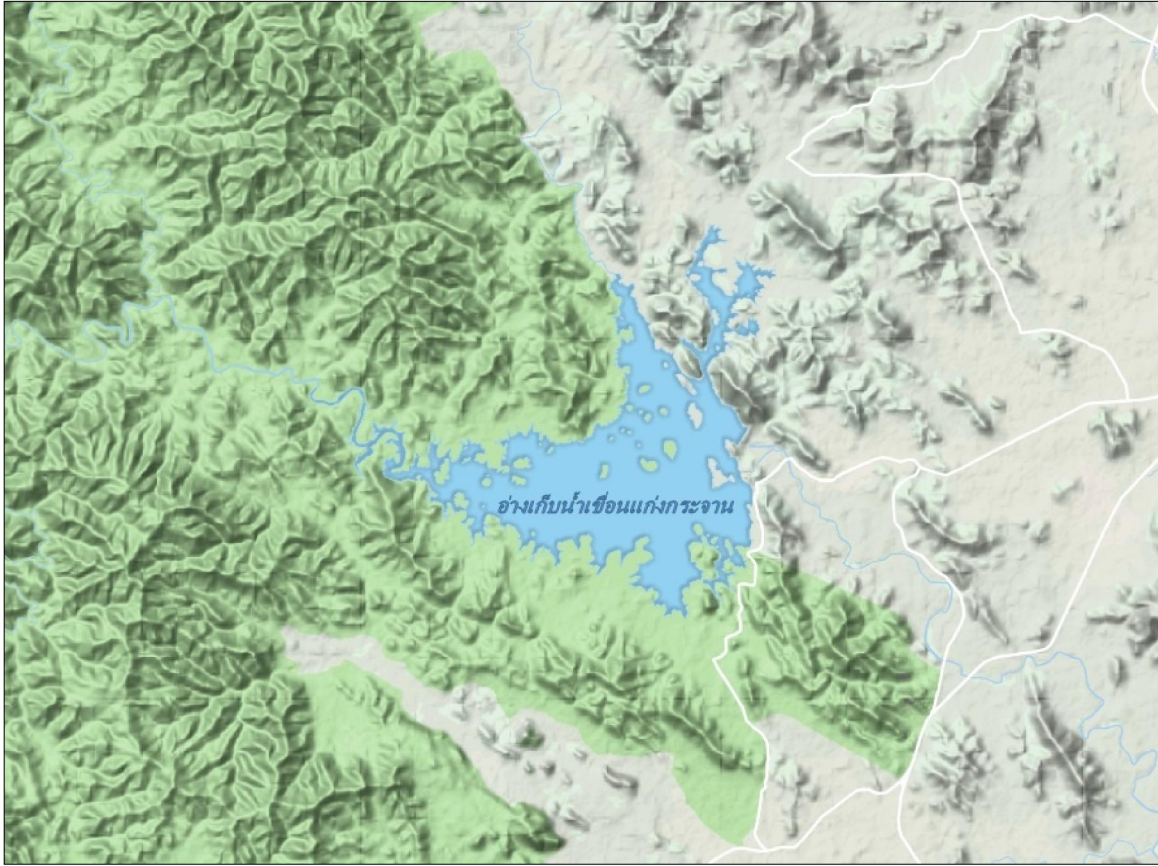
### ง.3 เขื่อนแก่งกระจาน

#### ง.3.1 ข้อมูลทั่วไปเขื่อนแก่งกระจาน

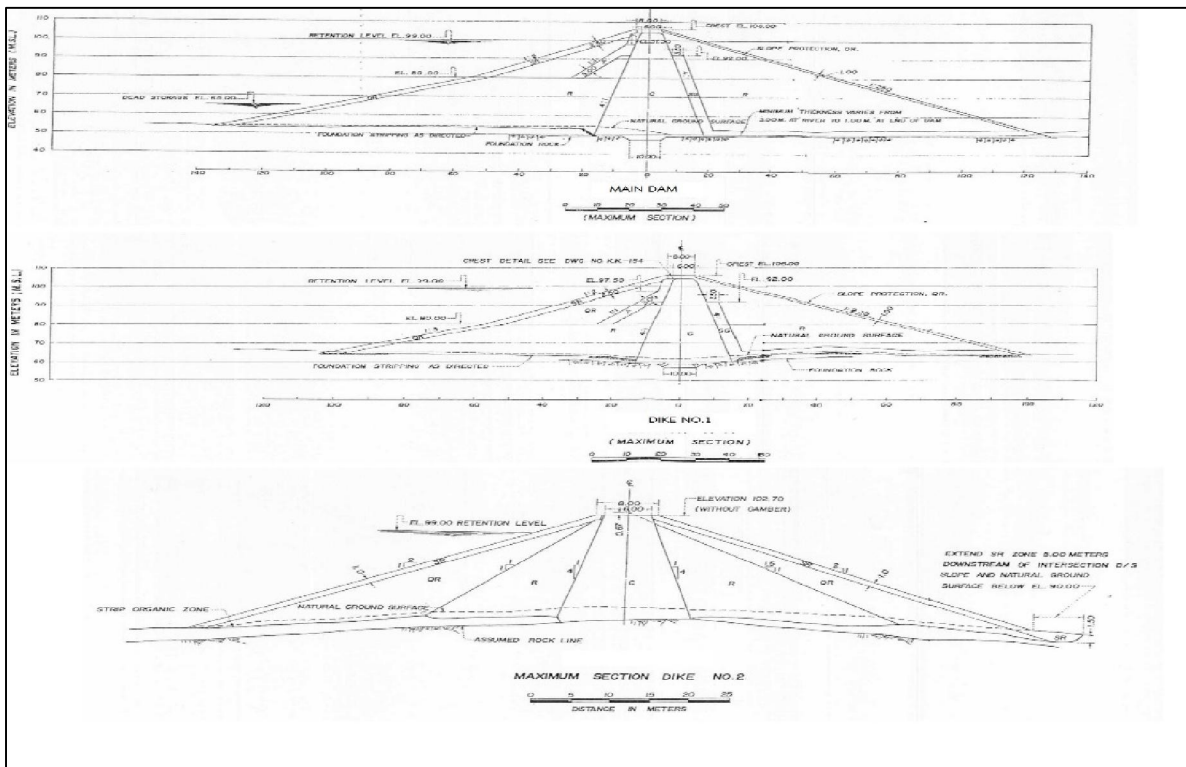
เขื่อนแก่งกระจานเป็นเขื่อนดินห้วงานตั้งอยู่ที่อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี รับผิดชอบโดยโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเพชรบุรี สำนักชลประทานที่ 14 กรมชลประทาน เป็นแหล่งน้ำต้นทุนที่สำคัญให้กับพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 401,000 ไร่ และกิจกรรมการใช้น้ำของตัวเมืองเพชรบุรี เขื่อนแก่งกระจานไม่มีระบบส่งน้ำเข้าพื้นที่โดยตรง อาศัยเขื่อนทดน้ำเพชรบุรีที่อยู่ทางด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ ทดน้ำเข้าสู่ระบบชลประทานอีกทอดหนึ่ง แสดงสภาพทั่วไปโดยรอบและรูปตัดด้านข้างเขื่อนแก่งกระจานไว้ในรูปที่ **ง.3.1-1** และ **ง.3.1-2** สามารถสรุปลักษณะสำคัญของเขื่อนแก่งกระจานได้ดังนี้

พื้นที่รับน้ำ	2,200	ตร.กม.
ระดับสันเขื่อน	106.00	ม.รทก.
ระดับน้ำสูงสุด	102.65	ม.รทก.
ระดับน้ำเก็บกัก	99.00	ม.รทก.
ระดับน้ำต่ำสุด	65.00	ม.รทก.
ความจุอ่างฯที่ระดับน้ำสูงสุด	900	ล้าน ลบ.ม.
ความจุอ่างฯที่ระดับน้ำเก็บกัก	710	ล้าน ลบ.ม.

ความจุอ่างฯที่ระดับน้ำต่ำสุด	65	ล้าน ลบ.ม.
อาคารระบายน้ำล้น		
เป็นอาคารชนิดไม่มีบานบังคับน้ำ		
ความกว้างช่องระบาย	110	ม.
ระดับธรณีสันทางระบายน้ำที่ระดับ	99.00	ม.รทก.
ระบายน้ำได้สูงสุด	1,380	ลบ.ม./วินาที
อาคารท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม (River Outlet)		
ระดับธรณี	65.00	ม.รทก.
ท่อระบายน้ำเพื่อการชลประทาน	65	ลบ.ม./วินาที
ท่อระบายน้ำไฟฟ้าพลังน้ำ	35	ลบ.ม./วินาที
เขื่อนดินปิดเขาตำแหน่งที่ 1		
เขื่อนยาว	305.00	เมตร
เขื่อนสูง	36.00	เมตร
สันเขื่อนกว้าง	8.00	เมตร
ระดับสันเขื่อน	+106.00	เมตร รทก.
เขื่อนดินปิดเขาตำแหน่งที่ 2		
เขื่อนยาว	255.00	เมตร
เขื่อนสูง	22.00	เมตร
สันเขื่อนกว้าง	8.00	เมตร
ระดับสันเขื่อน	+102.70	เมตร รทก.



รูปที่ ง.3.1-1 สภาพทั่วไปของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน



รูปที่ ง.3.1-2 รูปตัดด้านข้างเขื่อนแก่งกระจาน



รูปที่ ง.3.1-3 เขื่อนหลัก เขื่อนปิดช่องเขื่อนตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2

### ง.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ปริมาตรน้ำในอ่าง และพื้นที่ผิวหน้า

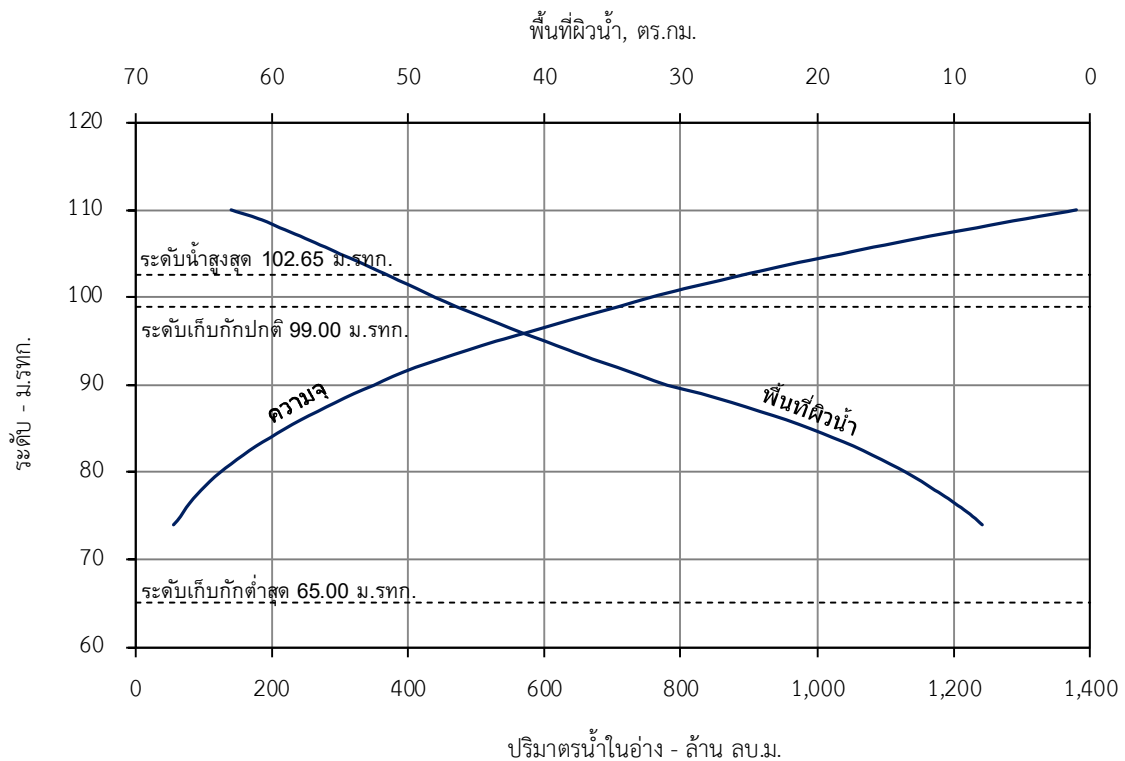
ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ปริมาตรน้ำในอ่าง และพื้นที่ผิวหน้า แสดงได้ดังตารางที่ ง.2.1.2-1 และรูปที่ ง.3.2-1 ตามลำดับ

ตารางที่ ง.3.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ปริมาตรน้ำ และพื้นที่ผิวหน้าอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน

ระดับน้ำ ม.(รทก.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)
74.00	7.93	56.62
75.00	8.60	67.00
76.00	9.48	75.54
77.00	10.40	85.63
78.00	11.37	97.25
79.00	12.40	110.38
80.00	13.50	125.00
81.00	14.69	141.10
82.00	15.97	158.67
83.00	17.36	177.69
84.00	18.86	198.14
85.00	20.50	220.00
86.00	22.28	243.26
87.00	24.20	267.91
88.00	26.29	293.93

ตารางที่ ง.3.2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ปริมาณน้ำ และพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน (ต่อ)

ระดับน้ำ ม.(รทก.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)
89.00	28.55	321.30
90.00	31.00	350.00
91.00	32.86	378.80
92.00	34.69	411.80
93.00	36.50	448.40
94.00	38.27	488.00
95.00	40.00	530.00
96.00	41.69	573.80
97.00	43.34	618.80
98.00	44.95	664.40
99.00	46.50	710.00
100.00	48.00	755.00
101.00	49.36	805.80
102.00	50.74	859.20
103.00	52.14	915.20
104.00	53.56	973.80
105.00	55.00	1,035.00
106.00	56.46	1,098.80
107.00	57.94	1,165.20
108.00	59.44	1,234.20
109.00	60.96	1,305.80
110.00	63.00	1,380.00

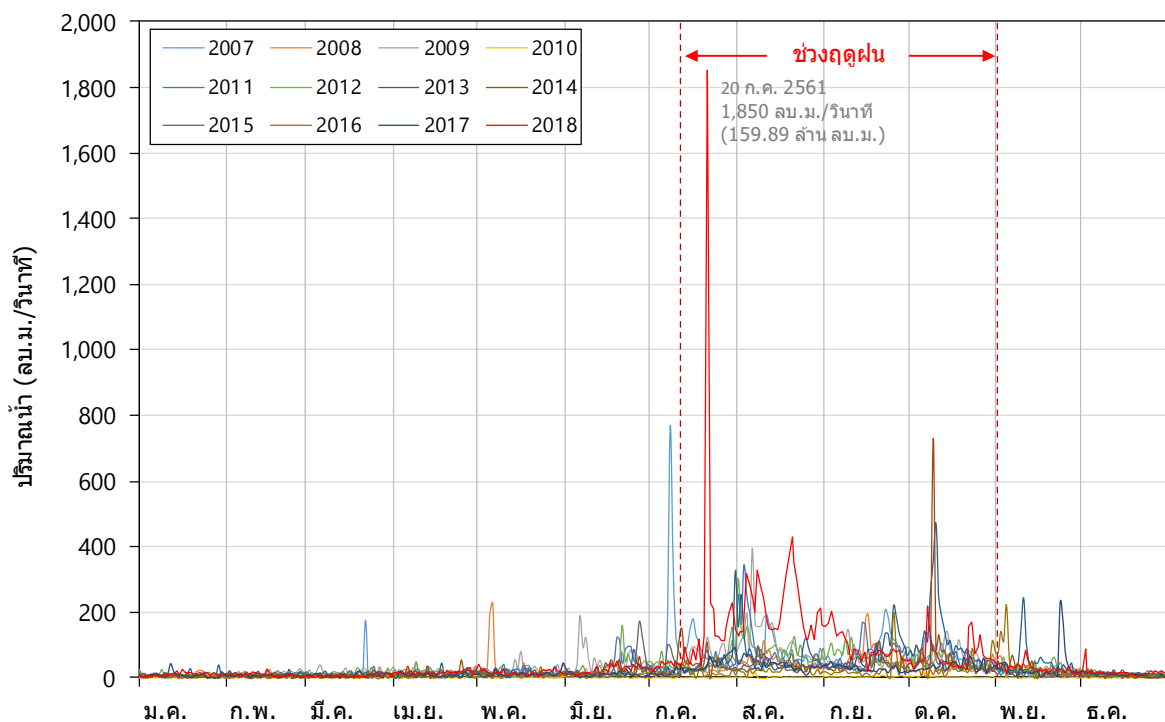


รูปที่ ง.3.2-1 โค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ปริมาณน้ำ และพื้นที่ผิวน้ำอ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน

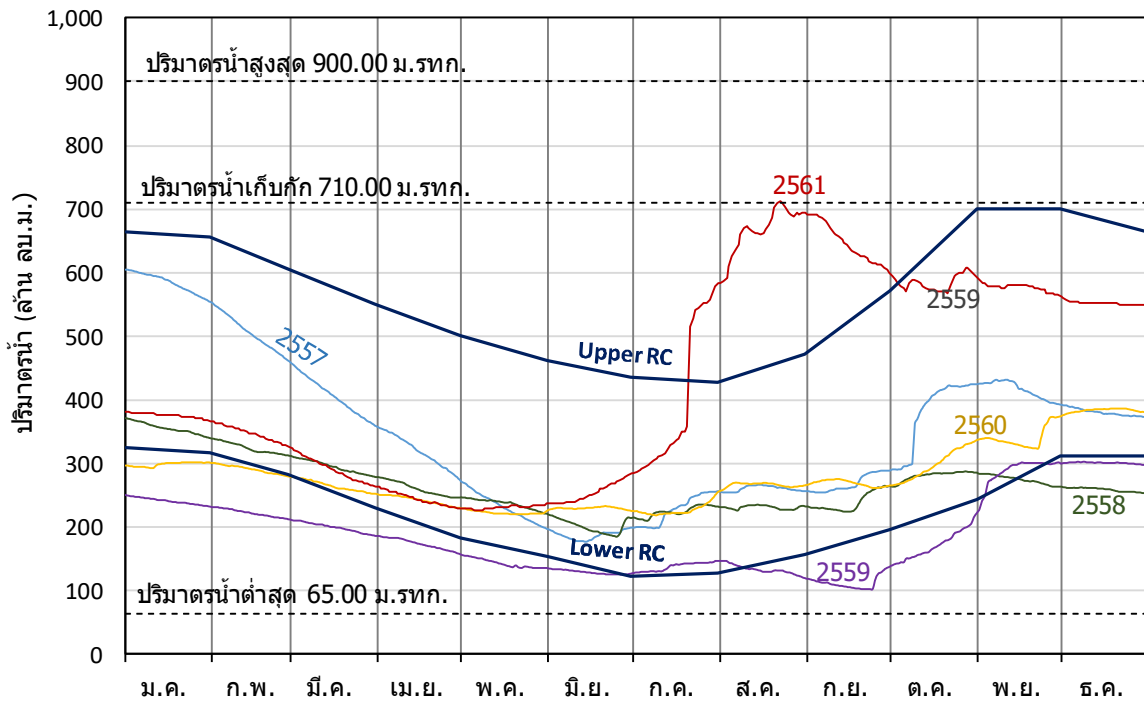
### ง.3.3 การบริหารจัดการน้ำอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานในช่วงฤดูฝน

การบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน จะอาศัยเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำ (Rule Curve) เป็นแนวทาง โดยเกณฑ์ดังกล่าวได้จากการศึกษาวิเคราะห์สถิติข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และรูปแบบการบริหารจัดการน้ำในระยะยาว การบริหารจัดการน้ำตามเกณฑ์ (Rule Curve) นี้ จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดสภาวะน้ำล้นหรือการขาดแคลนน้ำ นอกจากนี้ ยังจะมีการวิเคราะห์คาดการณ์สถานการณ์น้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานตลอดช่วงฤดูฝน เพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำ (Rule Curve) และการคาดการณ์สภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานดังกล่าว เป็นเพียงเครื่องมือประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำเท่านั้น ในการปฏิบัติการจริงจะมีการติดตามสถานการณ์ต่างๆ ในพื้นที่อย่างใกล้ชิด เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน เป็นไปอย่างรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ สถิติข้อมูลปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำ และปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน แสดงได้ในรูปที่ ง.3.3-1 และ รูปที่ ง.3.3-2 ตามลำดับ

จากสถิติปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน 10 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 – 2561 จะพบว่าปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำจะเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกรกฎาคมไปสิ้นสุดช่วงฤดูฝนในช่วงปลายเดือนตุลาคม ซึ่งจะสอดคล้องกับการควบคุมปริมาตรน้ำในอ่างด้วย Upper Rule Curve ในช่วงเวลาดังกล่าว



รูปที่ ง.3.3-1 สถิติปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานปี พ.ศ. 2550 – 2561



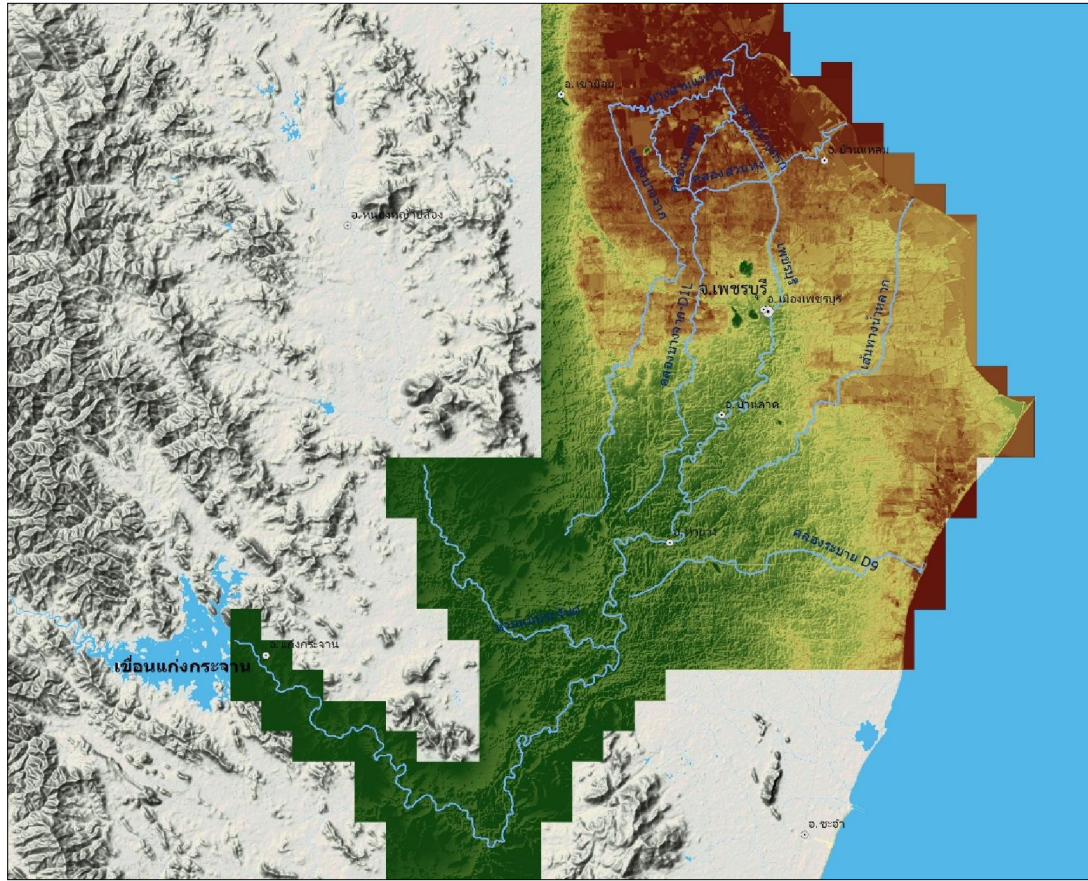
รูปที่ ง.3.3-2 สถิติข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานปี พ.ศ. 2557 - 2561

#### ง.4 ข้อมูลที่ใช้ในการนำเข้าแบบจำลองคณิตศาสตร์

ผลการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษาสำหรับนำเข้าแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการพิบัติเขื่อน มีรายละเอียดดังนี้

##### ง.4.1 ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ

ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ภาพถ่ายทางอากาศ และข้อมูลเส้นชั้นความสูงซึ่งจะบอกให้ทราบลักษณะทางกายภาพและความสูงต่ำของภูมิประเทศในพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการพิบัติของเขื่อน โดยอยู่ในรูปแบบของเส้นชั้นความสูงและแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มาตราส่วน 1:4,000 แสดงข้อมูลสภาพภูมิประเทศและเส้นชั้นความสูงเชิงเลข (DEM) และตัวอย่างภาพถ่ายทางอากาศบริเวณตัวเมืองเพชรบุรี ไว้ในรูปที่ ง.4.1-1 ถึง รูปที่ ง.4.1-2 ตามลำดับ



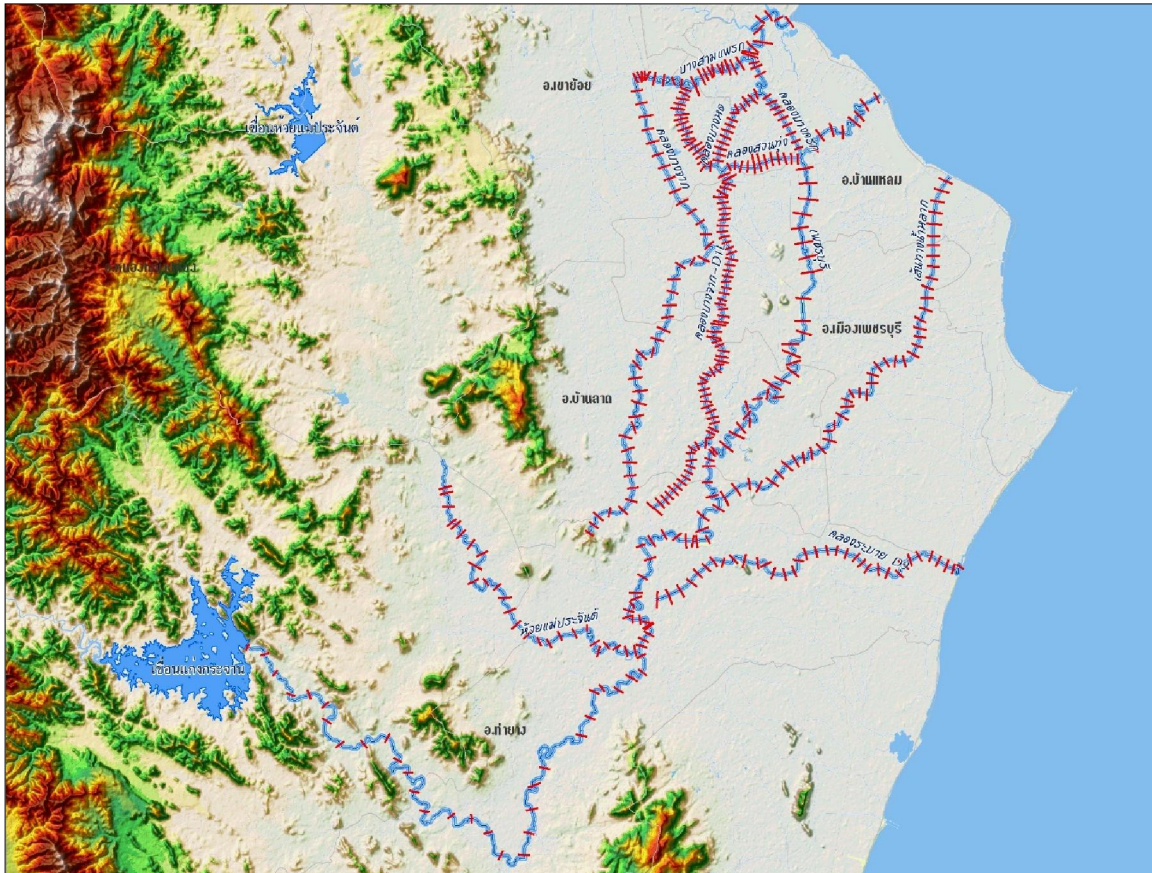
รูปที่ ง.4.1-1 เส้นชั้นความสูงเชิงเลขในบริเวณพื้นที่ศึกษา



รูปที่ ง.4.1-2 ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณตัวเมืองเพชรบุรี

#### ง.4.2 โครงข่ายลำน้ำและรูปตัดลำน้ำ

โครงข่ายลำน้ำและรูปตัดลำน้ำเป็นข้อมูลที่สำคัญในการแสดงลักษณะของพื้นผิวและระดับความลาดชันของท้องน้ำ ซึ่งในพื้นที่ศึกษามีลำน้ำที่ใช้สำหรับการศึกษาครั้งนี้จำนวน 12 ลำน้ำ ความยาวรวม 320.87 กิโลเมตร และมีจำนวนรูปตัดลำน้ำทั้งสิ้น 399 รูปตัด แสดงโครงข่ายลำน้ำและรูปตัดลำน้ำที่รวบรวมได้ ไว้ในรูปที่ ง.4.2-1 และ ตารางที่ ง.4.2-1 ตามลำดับ และได้ทำการต่อขยายรูปตัดลำน้ำออกไปสองฝั่งลำน้ำเพื่อให้ครอบคลุมและเป็นต้นแทนสภาพพื้นที่ทั่วทั้งลุ่มน้ำ แสดงในรูปที่ ง.4.2-2



รูปที่ ง.4.2-1 โครงข่ายลำน้ำและรูปตัดลำน้ำ

ตารางที่ ง.4.2-1 แม่น้ำสายหลักและจำนวนรูปตัดลำน้ำ

แม่น้ำ	ตั้งแต่	ถึง	ความยาว (กม.)	จำนวน รูปตัด
แม่น้ำเพชรบุรี	เขื่อนแก่งกระจาน	จุดบรรจบห้วยแม่ประจันต์	59.23	31
ห้วยแม่ประจันต์	ห้วยแม่ประจันต์	จุดบรรจบแม่น้ำเพชรบุรี	27.05	27
แม่น้ำเพชรบุรี	จุดบรรจบห้วยแม่ประจันต์	จุดบรรจบคลองสวนทุ่ง	53.85	58
คลองบางจาก	คลองบางจาก	จุดบรรจบคลองบ้านน้อย	39.95	42
คลองบ้านน้อย	จุดบรรจบคลองบางจาก	จุดบรรจบคลองน้ำเขียว	6.51	9



## ง.5 การวิเคราะห์สาเหตุและรูปแบบของ Dam Break

### ง.5.1 สถิติการพิบัติของเขื่อน

การพิบัติของเขื่อนส่งผลกระทบต่อความเสียหายในด้านต่างๆ เป็นอย่างสูงทั้งระยะสั้นและระยะยาว ในส่วนนี้ได้ดำเนินการรวบรวมสถิติการพิบัติ สาเหตุและลักษณะการพิบัติของเขื่อน เพื่อนำมาสรุปและวิเคราะห์รูปแบบการพิบัติที่เป็นไปได้ของเขื่อน ซึ่งการพิบัติในงานเขื่อนนั้นสามารถจำแนกได้ตามโอกาสความสูญเสีย ดังนี้

1) การพิบัติที่ไม่สามารถเก็บกักน้ำได้ (Breach) คือ การพิบัติที่ทำให้เขื่อนสูญเสียหน้าที่ในการเก็บน้ำได้อย่างปลอดภัย หรือเรียกว่าเขื่อนแตกนั่นเอง กรณีเช่นนี้หากเกิดขึ้นมาแล้วจะยากที่จะหยุดหรือแก้ไขได้

2) การพิบัติหรือเสียหายที่ไม่นำไปสู่การ Breach คือ การพิบัติหรือเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น แต่เขื่อนยังสามารถเก็บกักน้ำเอาไว้ได้

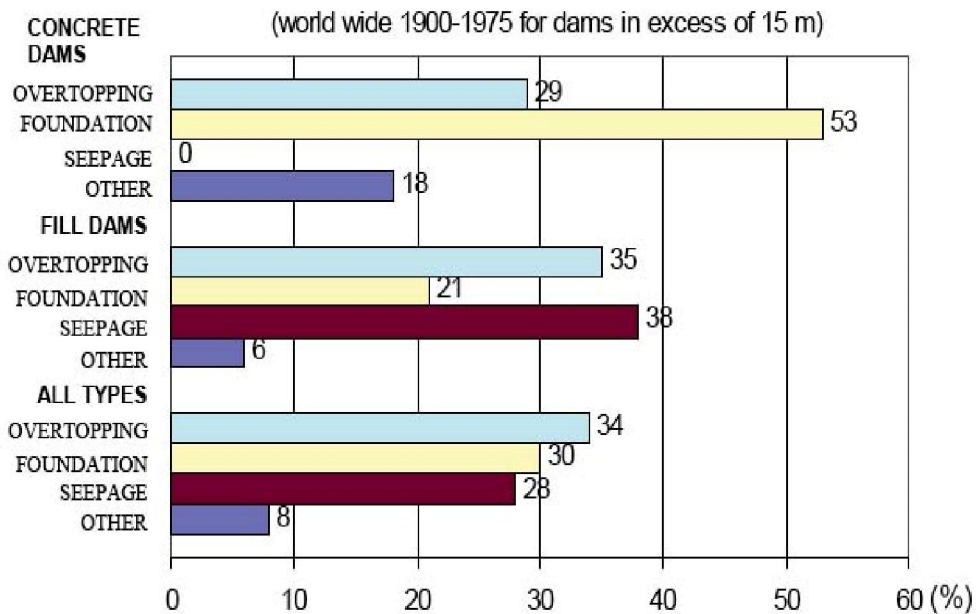
กรณีการวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อนจะพิจารณาการพิบัติที่ไม่สามารถเก็บกักน้ำได้เป็นหลัก ส่วนการพิบัติเพียงเล็กน้อยจะนำมาพิจารณาจัดทำแผนความปลอดภัยเขื่อน ในระดับนานาชาติ ได้สำรวจการพิบัติของเขื่อนและสรุปหาโอกาสการพิบัติของเขื่อน แสดงในตารางที่ ง.5.1-1 จะเห็นว่ามีความน่าจะเป็นในการพิบัติเฉลี่ยประมาณ  $4 \times 10^{-4}$  หรือโอกาสการพิบัติเขื่อนใน 1 ปี มีค่าประมาณ 4 เขื่อนใน 10,000 เขื่อน

ตารางที่ ง.5.1-1 ผลการสำรวจอัตราการพิบัติของเขื่อน

Area	Reference	Failures (dams)	Total Dam-Years	Period (years)	Rate (dam/ years)
United State	Gruner (1976)	33	1764	40	$5 \times 10^{-4}$
	Babb and Mermal (1968)	12	3100	14	$3 \times 10^{-4}$
	USCOLD (1975)	74	4914	23	$7 \times 10^{-4}$
World	Mark and Stuart-Alexander (1977)	125	7500	40	$4 \times 10^{-4}$
	Middlebrooks (1953)	9	7833	6	$2 \times 10^{-4}$
Japan	Takase (1967)	1046	$2 \times 10^6$	15	$4 \times 10^{-5}$
Spain	Gruner (1967)	150	1620	145	$6 \times 10^{-4}$
ความน่าจะเป็นในการพิบัติเฉลี่ย					$4 \times 10^{-4}$

ที่มา : Baecher et al. (1980)

Gulliver and Arndt (1991) ได้กล่าวว่า National Research Council ได้ทำการรวบรวมการพิบัติของเขื่อนประเภทต่างๆ ในช่วงปี ค.ศ. 1900 ถึงปีค.ศ. 1975 โดยจำแนกตามสาเหตุของการพิบัติหลัก 3 ประการ คือ น้ำล้นข้ามสันเขื่อน การเคลื่อนตัวของฐานรากเขื่อน การไหลซึมผ่านตัวเขื่อนและฐานราก ดังแสดงในรูปที่ ๕.5.1-1 ซึ่งจะเห็นว่า การพิบัติของเขื่อนถล่มมักเกิดจากน้ำล้นข้ามเขื่อนและการไหลซึมผ่านตัวเขื่อนหรือฐานรากเขื่อน



รูปที่ ๕.5.1-1 ลักษณะการพิบัติที่พบในเขื่อนประเภทต่างๆ

ที่มา : Gulliver and Arndt, 1991

จากการศึกษาโดย Middlebrooks ที่ได้รวบรวมเขื่อนถล่มที่มีการพิบัติจำนวน 220 เขื่อน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1850 ถึงปี ค.ศ. 1950 โดยการพิจารณาจำนวนเขื่อนที่เกิดการพิบัติในสาเหตุเดียวกัน สรุปดังแสดงในตารางที่ ๕.5.1-2 โดยสาเหตุหลักเกิดจากการที่น้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อน (Overtopping) และการรั่วซึมภายในตัวเขื่อน (Piping) จากข้อมูลทั้งหมดพบว่าเขื่อนเกิดการพิบัติใน 5 ปีแรกของการใช้งานคิดเป็นร้อยละ 50 ของทั้งหมดและอีกร้อยละ 19 เป็นการพิบัติในปีแรกภายหลังจากการเก็บน้ำ ดังแสดงในตารางที่ ๕.5.1-3 สำหรับเขื่อนที่ยังไม่ได้มีการก่อสร้างตรวจสอบมติว่าการเกิดการพิบัติใน 5 ปีแรก

ตารางที่ ง.5.1-2 ข้อมูลสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดการพิบัติของเขื่อนดินในปี ค.ศ. 1850 ถึง ค.ศ. 1950

CAUSE	SOURCE MECHANISM	% OF TOTAL
OVERTOPPING	FLOOD	30%
PIPING/INTERNAL EROSION OF EMBANKMENT OR FOUNDATION	SEEPAGE, PIPING AND INTERNAL EROSION	25%
CONDUIT LEAKAGE		13%
DAMAGE/FAILURE OF UPSTREAM MEMBRANE/SLOPE PAVING		5%
EMBANKMENT INSTABILITY SLIDES	VARIES	15%
MISCELLANEOUS	VARIES	12%

ที่มา : DAM SAFETY GUIDELINES (October 2007)

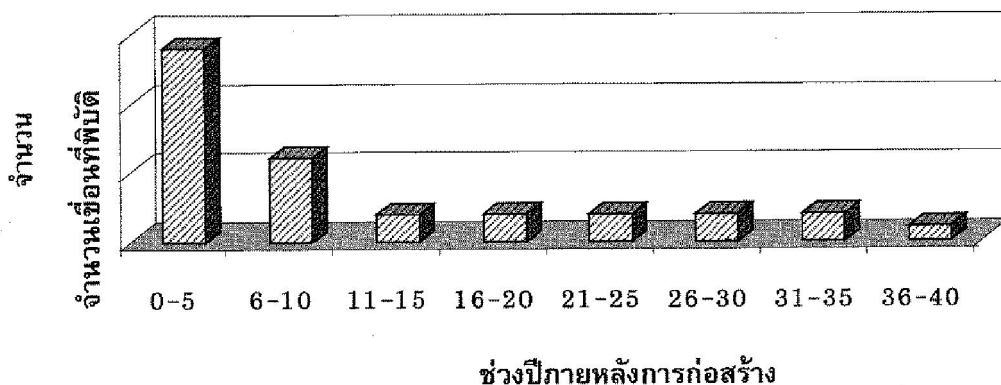
ตารางที่ ง.5.1-3 ช่วงเวลาและสาเหตุในการพิบัติของเขื่อนภายหลังการใช้งาน

NUMBER OF YEARS AFTER COMPLETION	CAUSE OF FAILURE (%)				TOTAL %
	OVERTOPPING	CONDUIT LEAKAGE	SEEPAGE	SLIDES	
0-1	9	23	16	29	19%
1-5	17	50	34	24	31%
5-10	9	9	13	12	11%
10-20	30	9	13	12	16%
20-50	32	9	24	23	22%
50-100	3	0	0	0	1%

ที่มา : DAM SAFETY GUIDELINES (October 2007)

สุทธิศักดิ์และคณะ (2550) ได้นำข้อมูลของ Jauhari (1991) เกี่ยวกับสถิติการพิบัติของเขื่อนมาแสดงในแผนภูมิแท่งดังแสดงในรูปที่ ง.5.1-2 แสดงสถิติเขื่อนที่เกิดการพิบัติส่วนใหญ่จะเกิดในช่วง 0 ถึง 14 ปีแรกหลังการก่อสร้าง

### การพิบัติของเขื่อนตามช่วงอายุหลังก่อสร้างเสร็จ



รูปที่ ๖.5.1-2 การพิบัติของเขื่อนตามช่วงอายุภายหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ (Jauhari, 1999)

ที่มา : สุทธิศักดิ์ และคณะ (2550)

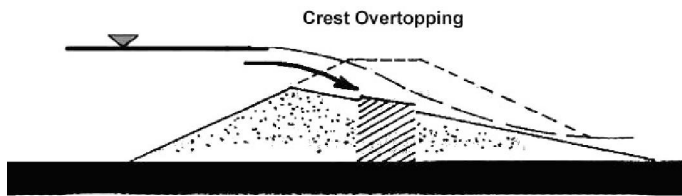
### ๖.5.2 รูปแบบของการพิบัติของเขื่อน

นอกจากสถิติการพิบัติต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว การพิจารณารูปแบบของการพิบัติและลำดับขั้นตอนของการพิบัติจะทำให้ทราบถึงโอกาสการเกิดการพิบัติได้ชัดเจนขึ้น ในขั้นนี้ได้รวบรวมรูปแบบการพิบัติต่างๆ ของเขื่อนได้ดังนี้

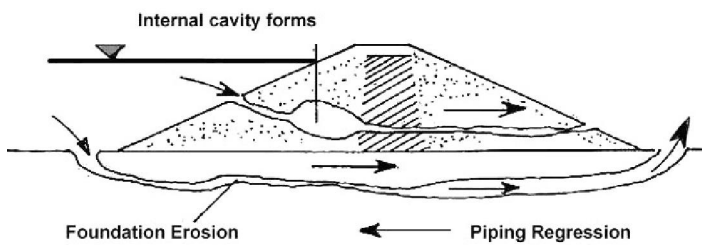
อนุกรรมการเขื่อนใหญ่ของสหรัฐอเมริกา (USCOLD) ได้สรุปการพิบัติของเขื่อนดินถมไว้ 6 รูปแบบ ซึ่งสามารถเกิดจากสาเหตุที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ ๖.5.2-1 ประกอบด้วย 1) น้ำล้นข้ามสันเขื่อน 2) การกัดเซาะภายในตัวเขื่อนหรือฐานรากเขื่อน 3) การทรุดตัวที่มากเกินไป 4) การเคลื่อนพังของลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำ 5) การเคลื่อนพังของลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำ และ 6) การเคลื่อนพังของฐานรากเขื่อน

สำหรับรูปแบบการพิบัติของเขื่อน จะนำรูปแบบการพิบัติดังต่อไปนี้มาพิจารณา

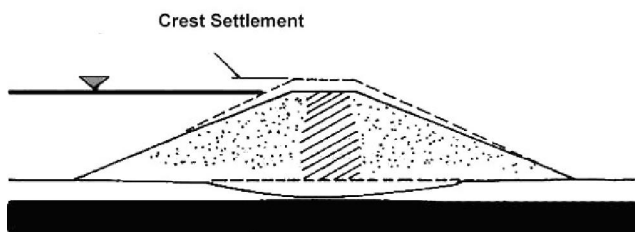
1) การรั่วซึมของน้ำผ่านฐานรากหรือตัวเขื่อน ICOLD (2013) ระบุถึงเส้นทางการไหลซึมที่นำไปสู่การกัดเซาะภายในว่าเกิดขึ้นได้ทั้งการไหลซึมผ่านตัวเขื่อน การไหลซึมผ่านฐานรากเขื่อน และการไหลซึมผ่านตัวเขื่อนสู่ฐานรากเขื่อน ดังแสดงในรูปที่ ๖.5.2.2 ถึง ๖.5.2-4 โดยมีกลไกของการเริ่มต้นของการกัดเซาะภายในได้จาก Concentrate leak, Backward erosion, Contact erosion และ Suffusion ทั้งนี้ องค์ประกอบของเขื่อนที่สำคัญที่จะหยุดยั้งไม่ให้เกิดการกัดเซาะพัฒนาต่อไปได้คือ ชั้นกรอง (Filter) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาการออกแบบ Filter และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง รวมถึงข้อมูลผลการตรวจวัด Piezometer และการรั่วซึมผ่านเขื่อนมาประเมินประสิทธิภาพของชั้นกรองของเขื่อนนี้



(a) Overtopping leading to washout; Less cohesive silts, sands, etc. at greatest short-term risk



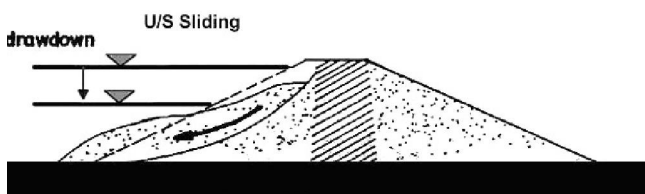
(b) Internal erosion and piping with migration of fines from core etc. (note regression of 'pipe' and formation of internal crack or by seepage along culvert perimeter)



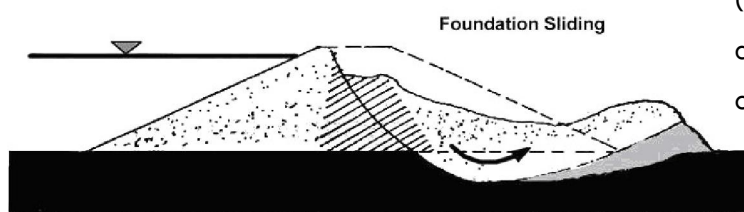
(c) Embankment and foundation settlement (deformation and internal cracking) - note also erosion



(d) Instability (1): downstream slope too high and/or too steep in relation to shear strength of the soil



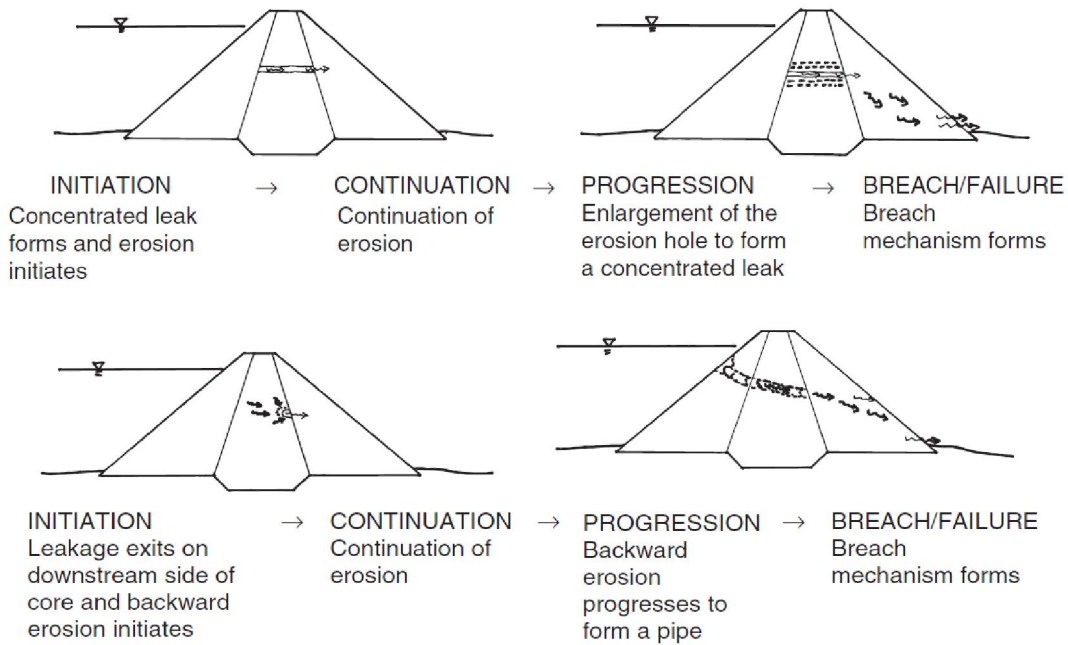
(e) Instability (2): upstream slope failure following rapid drawdown



(f) Instability (3): failure of downstream foundation due to overstress of soft, weak horizons.

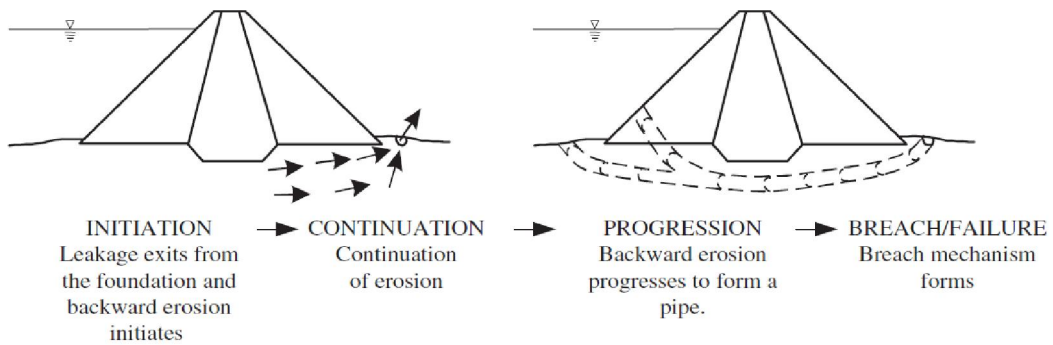
ที่มา : USCOLD

รูปที่ ๓.5.2-1 รูปแบบการพังทลายของเขื่อนดินของ USCOLD



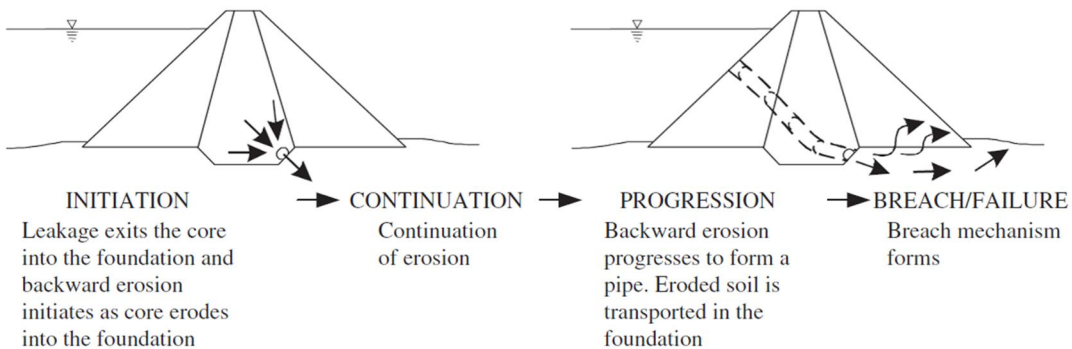
ที่มา : ICOLD, 2013

รูปที่ ๖.5.2-2 กระบวนการพิบัติของเขื่อนเนื่องจากการไหลซึมผ่านตัวเขื่อน



ที่มา : ICOLD, 2013

รูปที่ ๖.5.2-3 กระบวนการพิบัติของเขื่อนเนื่องจากการไหลซึมผ่านฐานรากเขื่อน



ที่มา : ICOLD, 2013

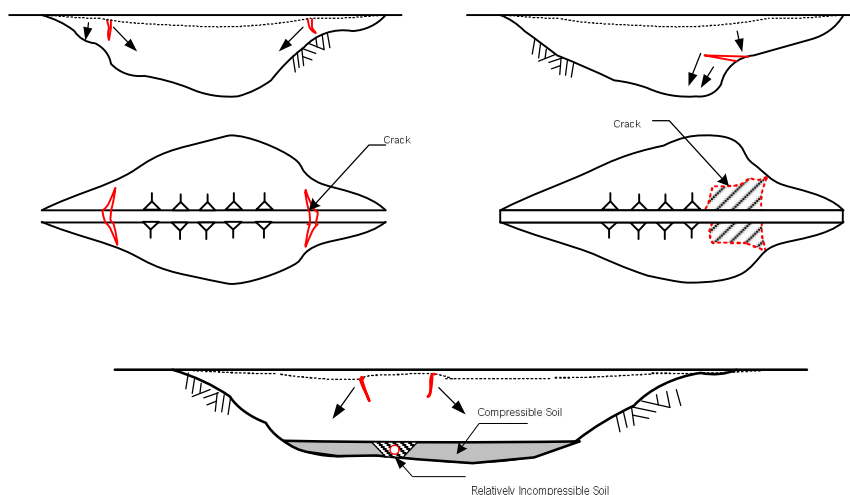
รูปที่ ๖.5.2-4 กระบวนการพิบัติของเขื่อนเนื่องจากการไหลซึมผ่านตัวเขื่อนสู่ฐานรากเขื่อน

ทั้งนี้ปัจจัยที่ทำให้เกิดการไหลซึมที่ผิดปกติได้ ความสมบูรณ์ของการปิดกัน หากวัสดุที่บ่งน้ำทั้งในตัวเขื่อนและฐานรากมีความเชื่อมแน่นน้อย จะทำให้ถูกกัดเซาะได้ง่าย โดยเฉพาะวัสดุที่มีความเหนียวน้อยๆ หรือบดอัดไม่ได้ ย่อมถูกกัดเซาะได้ง่าย ในบางครั้งยังสามารถเกิดจากการทรุดตัวต่างกันของแกนดินเหนียว ลักษณะการทรุดตัวที่แตกต่างกันจนทำให้เกิดการแตกภายในตัวเขื่อน อาจเกิดขึ้นได้ดังนี้

- รอยแตกตามขวาง (Transverse crack) เกิดจากลักษณะช่องเขาเป็นขั้นตะพัก (Terrace) โดยมีความลาดไม่สม่ำเสมอหรือความแข็งแรงของชั้นฐานรากไม่สม่ำเสมอ หรือการก่อสร้างที่ไม่ต่อเนื่อง ทั้งค้างไว้นานทำให้ตัวเขื่อนเป็นตะพัก ตัวเขื่อนที่เป็นดินถมเกิดการทรุดตัวที่แตกต่างกันจนทำให้เกิดรอยแตกขวาง รอยแตกนี้อาจปรากฏให้เห็นบนสันเขื่อนแสดงในรูปที่ ๖.5.2-5 หรือเป็นรอยแตกที่ฐานรากได้ ซึ่งเหล่านี้มีอันตรายเพราะจะเป็นเส้นทางการไหลรั่วของน้ำได้

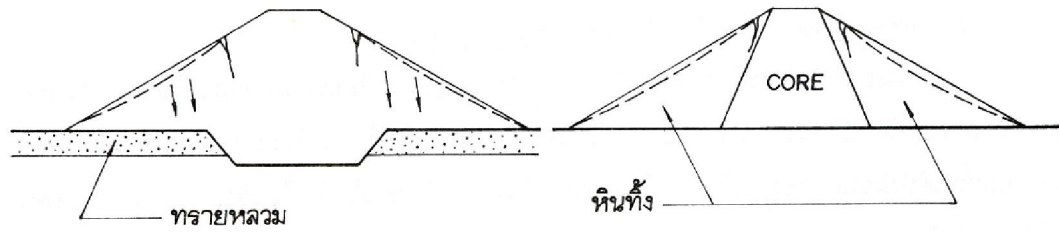
- รอยแตกตามยาว (Longitudinal crack) โดยส่วนใหญ่รอยแตกนี้เกิดจากการทรุดตัวไม่เท่ากันในแนวหน้าตัดเขื่อน ดังแสดงในรูปที่ ๖.5.2-6 อาจมีสาเหตุจากวัสดุถมต่างชนิดกันของส่วนต่างๆ ของตัวเขื่อน หรือความลึกของร่องแกน (Cutoff trench) ที่ทำให้ความสูงของเขื่อนต่างกัน การเพิ่มความสูงเขื่อนโดยการบดอัดเพิ่ม หรือจากการสูญเสียความชื้นในส่วนต่างๆ ของเขื่อน หรือการบวมตัวของดินบดอัด เป็นต้น หลังเหตุการณ์แผ่นดินอาจพบรอยแตกลักษณะนี้หากตัวเขื่อนมีเสถียรภาพลดลงในระหว่างที่เกิดแผ่นดินไหว

- รอยแตกภายในตัวเขื่อน (Internal crack) เกิดจากการทรุดตัวต่างกันของวัสดุก่อสร้างสองชนิด เช่น แกนดินเหนียว ซึ่งทรุดตัวมากกว่าส่วนหินภายนอก หรือส่วนที่เป็นคอนกรีตกับส่วนที่เป็นดิน เป็นต้น การแตกจะเกิดในลักษณะ Tension crack เป็นส่วนมาก และมีอันตรายสูงสุด เพราะไม่สามารถตรวจพบจากภายนอกได้ นอกจากจะมีการติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวในเขื่อน ดังแสดงในรูปที่ ๖.5.2-7



ที่มา : Sherard et al., 1963

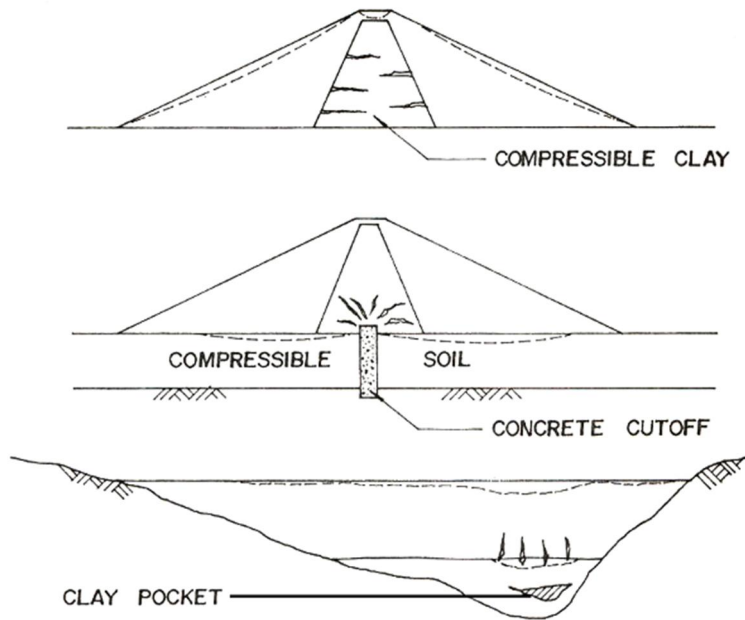
รูปที่ ๖.5.2-5 การเกิดรอยแตกตามขวาง



ภาพตัวอย่างของการเกิดรอยแตกตามยาว



รูปที่ ง.5.2-6 รอยแตกขนานกับแนวแกนเขื่อน

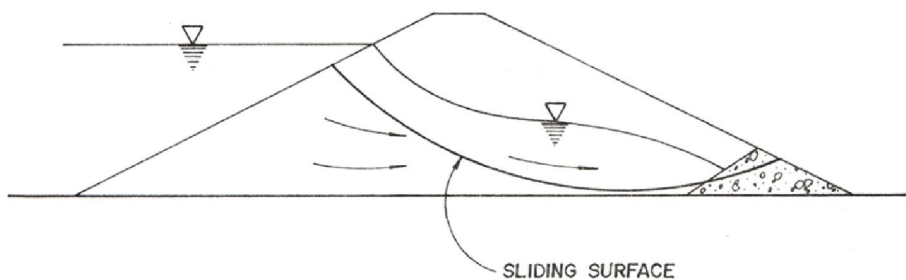


ที่มา : Sherard et al., 1963

รูปที่ ๓.5.2-7 รอยแตกภายในตัวเขื่อน

2) การเคลื่อนพังของลาดเขื่อนและฐานราก (Slope instability) การพิบัติลักษณะนี้มักจะเกิดขึ้นอย่างฉับพลัน โดยอาจบอกเหตุล่วงหน้าได้ขึ้นอยู่กับความถี่ของการตรวจวัดพฤติกรรมเคลื่อนตัว และการตรวจสอบสภาพเขื่อน การเคลื่อนพังมักเกิดร่วมกับการเปลี่ยนแปลงความดันน้ำภายในตัวเขื่อนหรือฐานราก ซึ่งทำให้กำลังรับแรงเฉือนของวัสดุเหล่านี้ลดลง ช่วงเวลาที่อาจเกิดการพิบัติรูปแบบนี้คือ

- ในระหว่างเก็บกักน้ำ (Reservoir Impounding) ในระหว่างการเก็บกักน้ำโดยเฉพาะในครั้งแรก จะมีการไหลของน้ำซึมผ่านตัวเขื่อนจากด้านเหนือน้ำไปทำให้น้ำ ความดันน้ำในตัวเขื่อนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เส้นระดับน้ำในตัวเขื่อนในลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำจะสูงขึ้นดังตัวอย่างในรูปที่ ๓.5.2-8 โอกาสที่จะเกิดการเคลื่อนพังของลาดเขื่อนด้านท้ายน้ำจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการปิดกั้นและการระบายน้ำ และกำลังรับแรงเฉือนของวัสดุถม

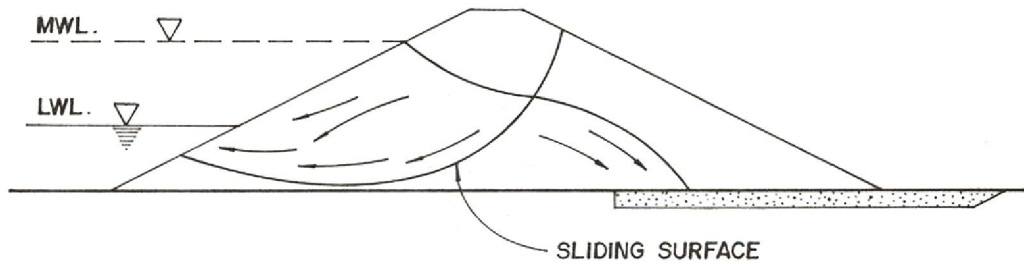


ที่มา : วรากร, 2542

รูปที่ ๓.5.2-8 การเคลื่อนพังของเขื่อนในระหว่างเก็บกักน้ำ

- ในระหว่างการลดระดับของน้ำในอ่างอย่างรวดเร็ว (Rapid Drawdown) เมื่อระดับน้ำในอ่างลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการระบายน้ำออกไปใช้อย่างรวดเร็ว หรือระบายทิ้งเพื่อซ่อมแซมแก้ไข หรือ

เหตุผลอื่นใดก็ตาม ความดันน้ำในลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำยังคงสูงแต่ระดับน้ำในอ่างฯที่ลดลงทำให้เกิดการเคลื่อนพังของลาดเขื่อนด้านเหนือน้ำได้ ดังแสดงในรูปที่ ๓.5.2-9



ที่มา : วรากร, 2542

รูปที่ ๓.5.2-9 การเคลื่อนพังในระหว่างการลดระดับน้ำ

- Instability ในกรณีของเขื่อนคอนกรีตและเขื่อน RCC ประกอบด้วยกรณีเช่นการออกแบบไม่เหมาะสมตัวเขื่อนไม่สามารถต้านทานแรงยกจากน้ำที่ไหลผ่านมาได้ ชั้นหินฐานรากไม่สามารถรองรับน้ำหนักของตัวเขื่อนได้ ธรณีวิทยาของชั้นหินใต้เขื่อนเอื้อต่อการไหลผ่านของน้ำ เป็นต้น

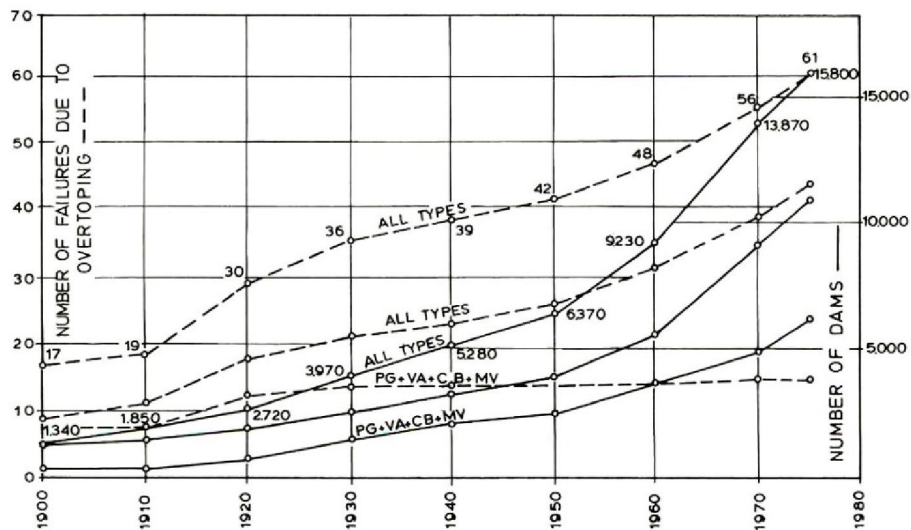
การพิจารณาโอกาสเกิดการพิบัติของลาดเขื่อนจะทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดเขื่อนในกรณีต่างๆ โดยพิจารณาความดันน้ำที่เกิดขึ้นจริงจากผลการตรวจวัด Piezometer รวมถึงการ Varied คุณสมบัติของวัสดุเขื่อนเพื่อประเมินความน่าจะเป็นในการพิบัติ

3) การพิบัติจากน้ำล้นข้ามสันเขื่อน การพิบัติจากน้ำล้นข้ามสันเขื่อน เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดการพิบัติในอันดับต้นๆ ดังแสดงในรูปที่ ๓.5.2-10 สำหรับสาเหตุอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ ดังสรุปได้ดังนี้ คือ

- การคาดการณ์ทางอุทกวิทยาไม่เหมาะสม
- การเปิดปิดบานระบายน้ำล้นไม่ถูกต้อง
- การเกิดดินถล่มรอบอ่างฯอ่างทำให้เกิดคลื่นใหญ่
- การออกแบบ Freeboard ไม่เหมาะสม
- การชำรุดของบานระบาย
- การปิดกั้นบานระบายน้ำเนื่องจากเศษวัสดุ
- การล้นข้ามสันเขื่อนของน้ำในปริมาณมาก โดยที่เขื่อนไม่เกิดการพิบัติ
- การล้นข้ามสันเขื่อนเกิดการกัดเซาะบริเวณ Abutment และด้านท้ายน้ำ

ส่วนการเคลื่อนพังของลาดดินธรรมชาติในบริเวณขอบอ่างฯ ที่พิจารณาว่าเป็นอันตรายต่อเขื่อนที่จะทำให้เกิดคลื่นน้ำขนาดใหญ่จนล้นข้ามสันเขื่อน ลำดับเหตุการณ์เริ่มต้นจากการถล่มของดินลงในอ่างฯ หากมีปริมาณมากย่อมทำให้เกิดคลื่นน้ำ จนอาจมีความสูงมากกว่าระยะเขื่อนน้ำล้นที่ออกแบบไว้ป้องกันคลื่นน้ำที่เกิดจากแรงลมได้ และน้ำในอ่างฯ จะล้นสันเขื่อนได้

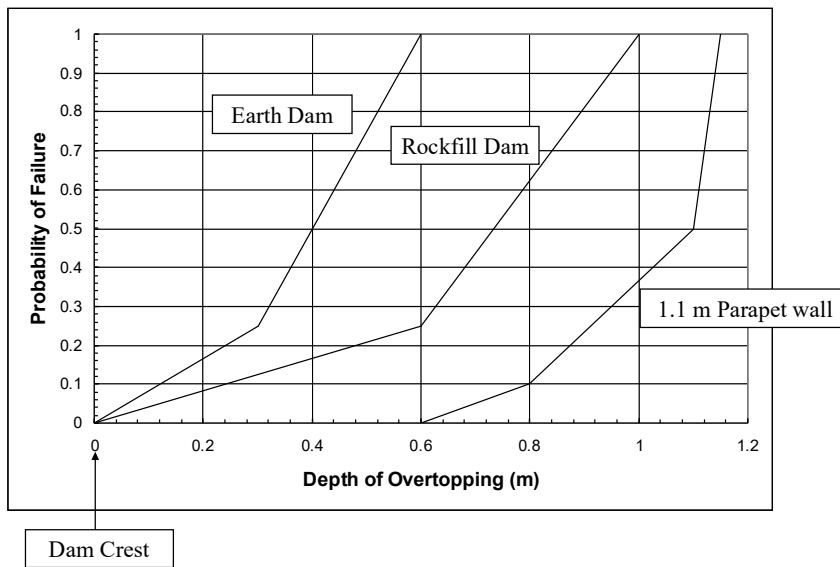
ความน่าจะเป็นในการพิบัติยังขึ้นอยู่กับชนิดของเขื่อนอีกด้วย Bowles and Anderson (1997) ได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่าง Probability of Failure กับความสูงของน้ำที่ล้นสันเขื่อนดังรูปที่ ง.5.2-11 ในขณะที่ Singh and Snorrason (1982) เสนอค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ไม่ระบุประเภทเขื่อน โดยระบุว่าเขื่อนจะเริ่มเกิดการพิบัติเมื่อน้ำล้นข้ามสันเขื่อน (Overtopping) สูงจากสันเขื่อนตั้งแต่ 0.15 ถึง 0.61 เมตร



ที่มา : Bowles and Anderson, 1997

รูปที่ ง.5.2-10 สถิติการพิบัติเนื่องจากน้ำล้นสันเขื่อน

### Typical Overtopping System Response Probabilities



ที่มา : Bowles and Anderson, 1997

รูปที่ ง.5.2-11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Probability of Failure กับความสูงของน้ำที่ล้นสันเขื่อน

นอกจากการพิจารณาสถิติข้างต้นแล้ว การศึกษาคั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา โดยการประเมิน Flood ที่ Return Period ต่างๆ จนถึง PMF เพื่อนำมาพิจารณาโอกาสที่น้ำล้นข้ามสันเขื่อน รวมถึงโอกาสที่เขื่อนจะเกิดการทรุดตัวหรือเคลื่อนพังจนทำให้ Freeboard ลดลง (Loss of Freeboard) จนน้ำล้นข้ามสันเขื่อน

**4) การพิบัติเนื่องจากแผ่นดินไหว** แผ่นดินไหวส่งผลต่อความมั่นคงของเขื่อนเนื่องจากสามารถก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ ทำให้เกิดแรงกระทำเพิ่มขึ้นในวัสดุตัวเขื่อน นอกจากนี้ยังอาจส่งผลกระทบต่อเขื่อนเนื่องจากการเคลื่อนตัวของแนวรอยเลื่อนใกล้บริเวณเขื่อน Soralump (2002) ได้สรุปพฤติกรรมที่อาจนำไปสู่การพิบัติของเขื่อนได้ดังต่อไปนี้

- การเคลื่อนตัวของแนวรอยเลื่อนในแนวดิ่งใกล้ตัวเขื่อน
- การเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนใต้ฐานเขื่อน
- การเกิดคลื่นน้ำภายในอ่างเก็บน้ำ (Seiches) เนื่องจากความสั่นสะเทือน
- การเกิดดินถล่มรอบอ่างเก็บน้ำจากแรงแผ่นดินไหวทำให้น้ำล้นข้ามสันเขื่อน
- การพิบัติของอาคารบังคับน้ำ ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำได้
- การไหลซึมของน้ำผ่านตัวเขื่อนตามรอยแตกในแนวขวางกับสันเขื่อน
- การยุบตัวของสันเขื่อนในแนวดิ่งเนื่องมาจากแรงสั่นสะเทือน
- การสูญเสียกำลังของดินตัวเขื่อนหรือฐานรากเนื่องจากการเกิด Liquefaction ทำให้เกิดการเลื่อนไถลหรือยุบตัวของเขื่อน

- การเกิดการแตกของ RCC ส่วนที่แคบใกล้สันเขื่อนจากแรงแผ่นดินไหว

สาเหตุของการพิบัติจากแผ่นดินไหวข้างต้นเรียงลำดับตามโอกาสในการเกิดน้อยที่สุดไปถึงโอกาสเกิดสูงสุด สาเหตุลำดับที่ 1 ถึง 4 เป็นสาเหตุที่มีโอกาสเกิดต่ำและดำเนินการวิเคราะห์เพื่อคาดการณ์ความเสียหายยาก สาเหตุลำดับที่ 5 ถึง 8 เป็นสาเหตุที่มีโอกาสเกิดมากกว่าและสามารถประเมินความเสียหายโดยใช้หลักทฤษฎีด้านวิศวกรรมปฐพี มาดำเนินการวิเคราะห์ได้ โดยจะทำการศึกษาด้านแผ่นดินไหวเพื่อประเมินค่าอัตราเร่งของพื้นที่สูงสุด (PGA) ที่จุดที่ตั้งเขื่อน จากนั้นจะทำการวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวของเขื่อนต่อแรงกระทำแผ่นดินไหวเพื่อใช้ในการประเมินโอกาสเกิดการพิบัติ

การเกิด Liquefaction คือ ปรากฏการณ์ที่ดินทรายหรือกรวดที่อิ่มตัวด้วยน้ำเกิดการสูญเสียกำลัง เนื่องจากแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เหตุดังกล่าวเกิดจากมีความสั่นสะเทือนของคลื่นแผ่นดินไหวที่แรงพอที่จะทำให้แรงดันน้ำในเม็ดดินเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เม็ดดินอยู่ห่างกันมากขึ้น กำลังรับน้ำหนักของดินจึงตกลง เหตุการณ์ดังกล่าวจะเกิดเฉพาะดินทรายหลวมหรือกรวดที่มีความแน่นต่ำ Liquefaction สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งดินตัวเขื่อนหรือดินฐานราก และสามารถทำให้เขื่อนเกิดการพิบัติได้อย่างรวดเร็ว เขื่อนที่ก่อสร้างด้วยเทคนิคการก่อสร้างในปัจจุบันแทบจะไม่มีโอกาสเกิด Liquefaction ได้ หากมีการขุดลอกชั้นทรายหลวมบริเวณลำน้ำเดิมและบริเวณอื่นๆของส่วนฐานรากรองรับตัวเขื่อน

## ง.6 แบบจำลองคณิตศาสตร์

### ง.6.1 แบบจำลองชลศาสตร์

ในการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมของการไหลของน้ำในลำน้ำและบนทุ่งน้ำท่วมด้วยแบบจำลองทางด้านชลศาสตร์จะใช้โปรแกรม HEC-RAS ซึ่งเป็นแบบจำลองทางชลศาสตร์ของ US Army Corp of Engineer ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ใช้ในการคำนวณหา Water Surface Profile ของพื้นผิวน้ำที่คงที่ การไหลที่ผันแปรทีละน้อยในช่องทางธรรมชาติและที่ถูกสร้างขึ้น ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับผิวน้ำระหว่างรูปหน้าตัดที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแบบจำลองสามารถจำลองได้ทั้งการไหลแบบได้วิกฤตและเหนือวิกฤต และรวมผลการคำนวณของระดับผิวน้ำเนื่องจากการกีดขวางทางเดินการไหลของน้ำ เช่น สะพาน ท่อลอด ฝาย และ อาคารที่ตั้งอยู่ในทุ่งน้ำท่วม โดยมีรายละเอียดของทฤษฎีดังนี้

1) การจำลองการไหลแบบ 1 มิติในลำน้ำและทุ่งน้ำท่วมของแบบจำลอง HEC-RAS ด้วยสมการ Saint-Venant แสดงได้ดังนี้

$$\frac{\partial Q_c}{\partial x_c} + \frac{\partial A_c}{\partial t} = q_f$$

$$\frac{\partial Q_f}{\partial x_c} + \frac{\partial A_f}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} = q_c + q_l$$

และ

$$\frac{\partial Q_c}{\partial t} + \frac{\partial(Q_c V_c)}{\partial x_f} + g A_c \left( \frac{\partial z}{\partial x_c} + S_{fc} \right) = M_f$$

$$\frac{\partial Q_f}{\partial t} + \frac{\partial(Q_f V_f)}{\partial x_f} + g A_f \left( \frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{ff} \right) = M_c$$

เมื่อ A	คือ	พื้นที่รูปตัดตามขวาง
S	คือ	ปริมาณกักเก็บจากส่วนขีดขวางการไหลในของรูปตัดขวางลำน้ำ
x	คือ	ระยะทางตามแนวยาวของลำน้ำ
t	คือ	ช่วงเวลา
q <sub>1</sub>	คือ	ปริมาณการไหลเข้าด้านข้างต่อหนึ่งระยะทาง
Q	คือ	ปริมาณการไหล
V	คือ	ความเร็วของการไหล
z	คือ	ระดับความสูงของพื้นผิวน้ำ

น้ำ

การกำหนดเงื่อนไขที่น้ำท่วมในลำน้ำจะกำหนดให้รูปตัดตามขวางมีระดับเท่ากับความสูงของพื้นผิว

c	คือ	ลำน้ำ
f	คือ	ทุ่งน้ำท่วม
$q_c, q_f$	คือ	อัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำระหว่างลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม
$M_c, M_f$	คือ	โมเมนต์ต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม
$S_{fc}, S_{ff}$	คือ	ความลาดเอียงของลำน้ำและทุ่งน้ำท่วม

2) การแก้ปัญหาเชิงตัวเลขของสมการอนุพันธ์บางส่วนของสมการดังกล่าวข้างต้น แบบจำลอง HEC-RAS ได้ใช้วิธีผลต่างสืบเนื่องแบบอิมพลีซิท (Implicit Finite Difference) และใช้วิธีการแก้สมการเชิงตัวเลขแบบไม่เป็นเส้นตรงด้วยเทคนิควิธีวนซ้ำแบบ Newton-Raphson ซึ่งทำให้การคำนวณของแบบจำลองมีเสถียรภาพ อย่างไรก็ตาม การแกว่งจากการคำนวณเชิงตัวเลข สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีปริมาณการไหลที่ node หนึ่ง ในกริดของ Finite Difference ซึ่งอยู่ภายในตลิ่ง ในขณะที่ node ตัวอื่นไม่มีปริมาณการไหล เป็นเหตุให้ ต่อมา Barkau ได้พัฒนางานของ Fread และ Smith ในเรื่องสมการ finite difference สำหรับการไหลในทางน้ำและทุ่งน้ำท่วม โดยได้กำหนดชุดของสมการใหม่ ซึ่งทำให้การคำนวณมีความสะดวกขึ้น โดยใช้แพ็คเกจการกระจายความเร็วกับเทอมของ convective นอกจากนี้ Barkau ได้กำหนดเส้นทางการไหลแบบ equivalent โดยให้ใช้แรง equivalent แทนเทอมของความลาดชันเสียดทาน สำหรับสมการต่อเนื่องและสมการโมเมนต์ที่พัฒนาขึ้นโดย Barkau ในแบบจำลอง HEC-RAS แสดงได้ดังนี้

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} - q_1 = 0$$

เมื่อ	x	คือ	ระยะทางตามแนวลำน้ำ
	t	คือ	ช่วงเวลา
	Q	คือ	ปริมาณการไหล
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดขวางลำน้ำ
	S	คือ	ปริมาณเก็บกัก จากส่วนตัดขวางการไหลในรูปตัดขวางลำน้ำ
	$q_1$	คือ	ปริมาณการไหลเข้าด้านข้างต่อหนึ่งหน่วยระยะทาง

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial Z}{\partial t} + S_f \right) = 0$$

เมื่อ	g	คือ	อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
	$S_f$	คือ	ความลาดชันของแรงเสียดทาน
	V	คือ	ความเร็วของการไหล

เนื่องจากระบบสมการเซนต์-วีแนนท์ เป็นระบบสมการแบบไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งการแก้สมการสามารถทำได้โดยเทคนิคการวนซ้ำของวิธี Newton-Raphson อย่างไรก็ตาม การใช้เทคนิคดังกล่าวจะใช้เวลาค่อนข้างมากในการคำนวณเนื่องมาจากการวนซ้ำ นอกจากนี้ถ้าจะพบปัญหาการไม่สามารถหาผลเฉลยได้เนื่องมาจากความไม่ต่อเนื่องในรูปตัดลำน้ำ ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ Preissmann และ Chen ได้พัฒนาเทคนิคสำหรับการทำให้เปลี่ยนระบบสมการเซนต์-วีแนนท์ให้เป็นระบบสมการเชิงเส้นตรง (linearized implicit finite difference) โดยสมมติฐานที่ใช้ในแบบจำลอง HEC-RAS แสดงได้ดังนี้

(1) ถ้า  $f \cdot f \gg \Delta f \cdot \Delta f$  แล้ว  $\Delta f \cdot \Delta f = 0$

(2) ถ้า  $g = g(Q, z)$  แล้ว  $\Delta g$  สามารถประเมินค่าได้จากเทอมเริ่มต้นของอนุกรมเทย์เลอร์ (Taylor Series) ดังนี้

$$\Delta g_i = \left(\frac{\partial g}{\partial Q}\right)_j \Delta Q_j + \left(\frac{\partial g}{\partial z}\right)_j \Delta z_j$$

(3) ถ้าช่วงเวลา,  $\Delta t$  มีค่าน้อย แล้วค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะมีค่าเข้าใกล้ Explicit ดังเช่น  $h_j^{n+1} \approx h_j^n$  และ  $\Delta h_j \approx 0$

สำหรับสมมติฐานข้อที่ 2 นั้น กำหนดให้ใช้กับความลาดชันเสียดทาน ( $S_f$ ) และพื้นที่ (A) ส่วนสมมติฐานข้อที่ 3 จะประยุกต์ใช้กับความเร็ว (V) ในเทอม convective, แฟคเตอร์การกระจายความเร็ว ( $\beta$ ), เส้นทางการไหลแบบ equivalent (x) และแฟคเตอร์การกระจายปริมาณการไหล ( $\emptyset$ )

3) เงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) ในการแก้ปัญหาระบบสมการเซนต์-วีแนนท์เพื่อประเมินปริมาณน้ำและอัตราการไหลนั้น นอกจากการกำหนดข้อมูลทางด้านกายภาพของลำน้ำและพารามิเตอร์ต่างๆของแบบจำลองแล้ว ต้องมีการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของระบบลำน้ำที่จะทำการวิเคราะห์ด้วย สำหรับเงื่อนไขขอบเขตในแบบจำลอง HEC-RAS สามารถแบ่งได้เป็นสามประเภทคือ เงื่อนไขขอบเขตภายใน (Interior Boundary Condition) เงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary Condition) และเงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary Condition) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) เงื่อนไขขอบเขตภายใน (Interior Boundary Condition) ในกรณีที่ระบบลำน้ำไม่ใช่ทางน้ำเดี่ยว แต่ประกอบด้วยแม่น้ำสาขาต่างๆ เงื่อนไขขอบเขตภายในนี้จะมีความจำเป็นเพื่อใช้กำหนดลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำโดยประกอบด้วย 2 สมการคือ

(ก) สมการต่อเนื่องของปริมาณการไหล (Continuity of Flow)

$$\sum_{i=1}^l S_{gi} Q_i = 0$$

เมื่อ  $l$  = จำนวนของแม่น้ำทั้งหมด ณ จุดบรรจบหนึ่งๆ

$S_{gi}$  = -1 เมื่อจุดบรรจบคือด้านเหนือน้ำของแม่น้ำสาขานั้นๆ

และมีค่าเป็น +1 เมื่อจุดบรรจบคือด้านท้ายน้ำของแม่น้ำสาขา

$Q_i$  = อัตราการไหลในแม่น้ำสาขาที่  $i$

(ข) สมการต่อเนื่องของระดับน้ำ (Continuity of Stage)

$$Z_k = Z_c$$

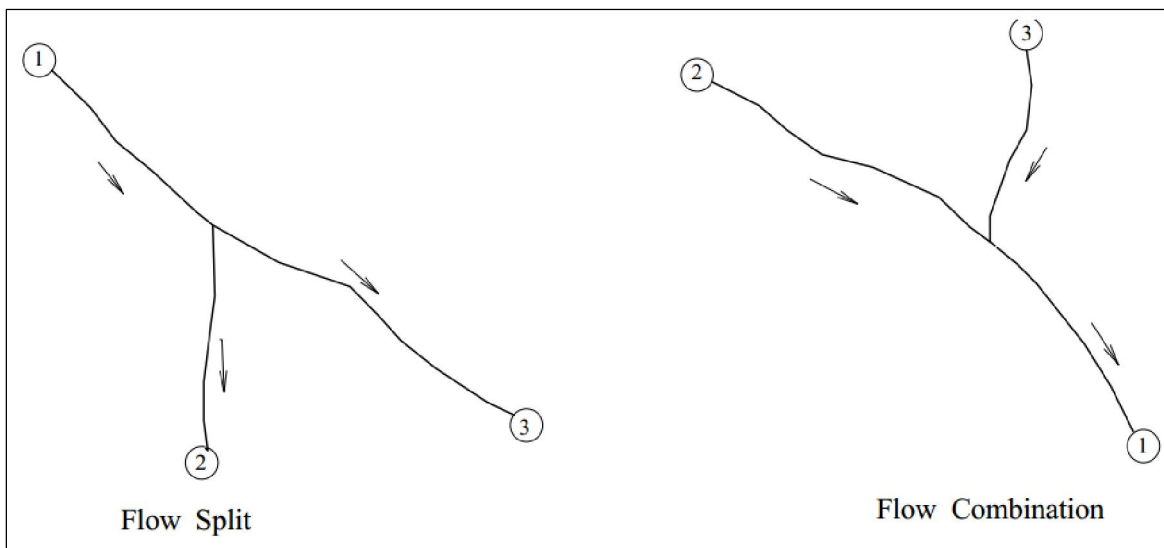
เมื่อ  $Z_k$  = ระดับน้ำที่ขอบเขตของแม่น้ำลำดับที่  $k$   
 $Z_c$  = ระดับน้ำปกติ ณ จุดบรรจบสำหรับทุกแม่น้ำทุกสาขา

จากการพิจารณา **รูปที่ ๖.๖.๑-๑** สามารถอธิบายการประยุกต์ใช้เงื่อนไขขอบเขตภายในได้ดังนี้ คือ สมการต่อเนื่องของปริมาณการไหลจะถูกประยุกต์ใช้กับแม่น้ำสายที่อยู่ทางด้านเหนือน้ำสำหรับการไหลแบบแยก (flow split) และจะถูกประยุกต์ใช้กับแม่น้ำที่อยู่ทางด้านท้ายน้ำสำหรับการไหลแบบรวมตัว (flow combination) ซึ่งก็คือแม่น้ำสายที่ 1 โดยในแต่ละจุดบรรจบของลำน้ำจะมีเพียงสมการเงื่อนไขขอบเขตเพียงสมการเดียวเท่านั้นที่ถูกประยุกต์ใช้ ในขณะที่สมการต่อเนื่องของระดับน้ำจะถูกประยุกต์ใช้กับแม่น้ำทุกสายที่เหลือทั้งหมด ซึ่งก็คือ แม่น้ำสายที่ 2 และ 3 โดย  $Z_c$  คือระดับน้ำที่จะถูกคำนวณให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำในแม่น้ำสายที่ 1 จากนั้นระดับน้ำของแม่น้ำสายที่ 2 และ 3 จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ  $Z_c$

(2) เงื่อนไขขอบเขตด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary Condition) สำหรับด้านเหนือน้ำของแม่น้ำทุกสายที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับแม่น้ำสาขาอื่น กำหนดให้เป็นกราฟน้ำท่าของปริมาณการไหล (Flow Hydrograph) ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

(3) เงื่อนไขขอบเขตด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary Condition) จะถูกกำหนดที่ด้านท้ายน้ำของแม่น้ำทุกสาย ที่ไม่ได้เชื่อมต่อกับแม่น้ำสาขาอื่นๆ หรือปริมาตรเก็บกักใดๆ สามารถกำหนดได้ 4 ลักษณะ คือ

- กราฟน้ำท่าของระดับน้ำ (Stage Hydrograph)
- กราฟน้ำท่าของปริมาณการไหล (Flow Hydrograph)
- ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหล (Rating Curve)
- ความลึกปกติ (Normal Depth) ที่ได้จากสมการ Manning



ที่มา: HEC-RAS Reference Manual

**รูปที่ ๖.๖.๑-๑** การไหลประเภท Split and Combination

## ง.6.2 แบบจำลองการพิบัติของเขื่อน

### ง.6.2.1 ทฤษฎีของการศึกษาการพิบัติของเขื่อน

การคำนวณปริมาณการไหลออกขณะเกิดการพิบัติของเขื่อนของแบบจำลอง HEC-RAS ได้กำหนดพารามิเตอร์ซึ่งเป็นตัวแทนของรอยแยก ประกอบด้วย ช่วงเวลาในการพิบัติ ขนาดความกว้างสุดท้ายด้านล่างเมื่อการพิบัติสิ้นสุด ( $b$ ) และรูปร่างเฉพาะของรอยแยก ( $z$ ) โดยสามารถจำออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การพิบัติแบบน้ำล้นขามสันเขื่อนและการพิบัติแบบรูรั่ว แสดงรูปแบบของการพิบัติทั้ง 2 รูปแบบไว้ในรูปที่ ง.6.2.1-1 และแสดงสมการที่ใช้ในการคำนวณได้ดังนี้

$$Q_b = C_w [b_s (H_t - h_b)^{1.5} + 0.8z(H_t - h_b)^{2.5}]$$

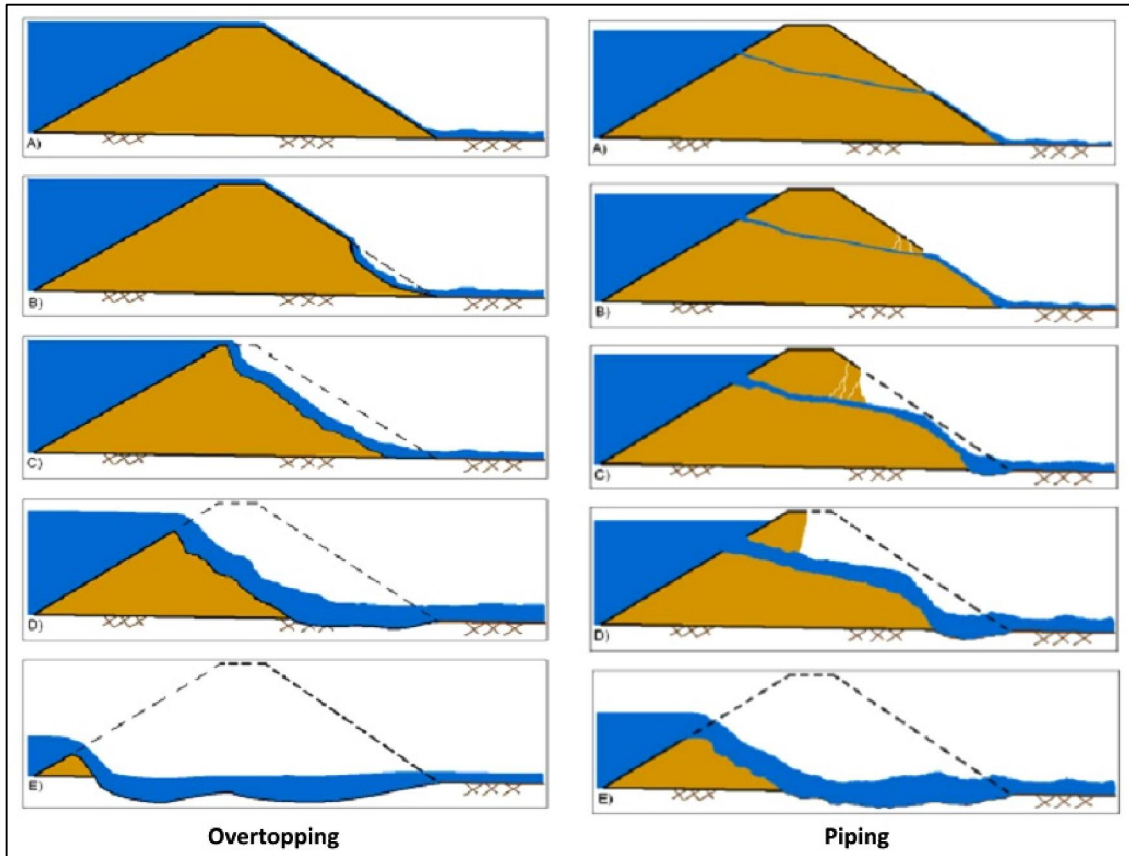
เมื่อ

$Q_b$	คือ	ปริมาณน้ำไหลผ่านรอยแยก
$C_w$	คือ	สัมประสิทธิ์ของฝาย
$b_s$	คือ	ความกว้างด้านล่างของรอยแยก
$H_t$	คือ	พลังงานทั้งหมด
$h_b$	คือ	ค่าระดับด้านล่างของรอยแยกซึ่งสมมติอยู่ในฟังก์ชันของเวลาในการพิบัติ
$z$	คือ	ความลาดชันด้านข้างของรอยแยก

ถ้าการพิบัติแบบเกิดรูรั่วการคำนวณปริมาณการไหลมีดังนี้

$$Q_b = 4.8 \times 2b_s (h_p - h_b) (h - \bar{h})^{1/2}$$

เมื่อ $h_p$	คือ	ระดับศูนย์กลางของรูรั่ว
$\bar{h} = h_p$	หรือ	$\bar{h} = h_{tw}$ ถ้า $h_{tw} > h_p$
$h_{tw}$	คือ	ระดับของพื้นผิวน้ำทางด้านท้ายน้ำ
$h$	คือ	ค่าระดับน้ำด้านเหนือน้ำของโครงสร้าง



รูปที่ ง.6.2.1-1 รูปแบบการการพิบัติแบบน้ำล้นข้ามสันเขื่อนและแบบรูรั่ว

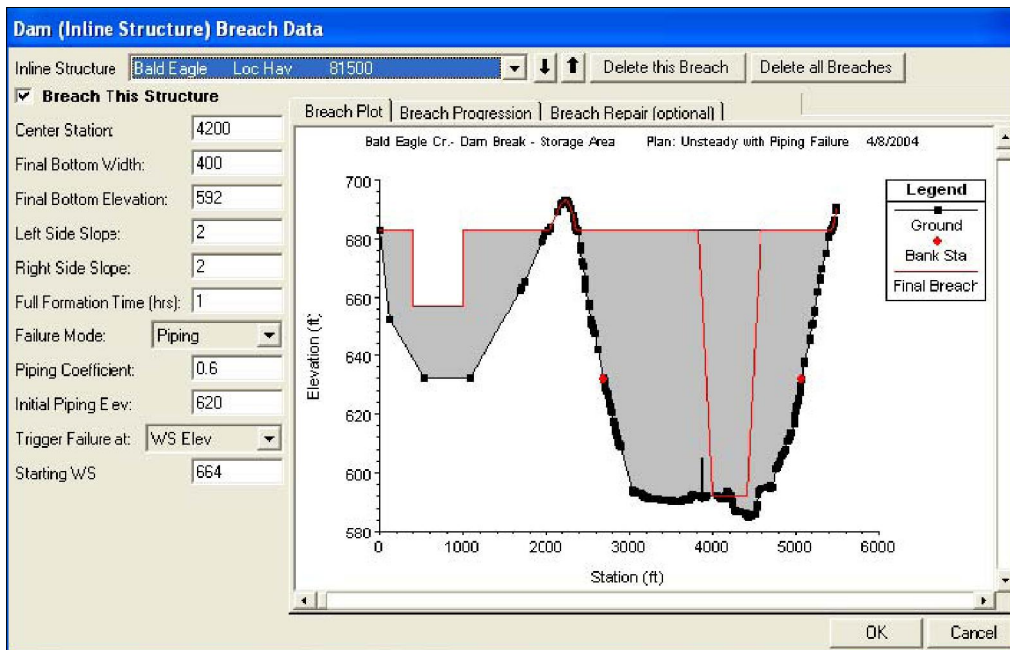
### ง.6.2.2 การพัฒนาแบบจำลองการพิบัติของเขื่อน

ในการศึกษาการพิบัติของเขื่อน จะใช้แบบจำลอง HEC-RAS ในการกำหนดตัวแปรสำหรับการพิบัติในรูปแบบต่างๆ เพื่อศึกษาถึงลักษณะการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านพื้นที่ด้านท้ายเขื่อน และผลกระทบที่ได้รับจากการเกิด Dam Break สำหรับในการกำหนดพารามิเตอร์ จะต้องทำการประเมินเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยแยกที่ขนาดกว้างที่สุดและระยะเวลาของการพิบัติ เนื่องจากในกระบวนการพิบัติ แบบจำลองจะทำการประเมินค่าพารามิเตอร์ของรอยแยก และใช้เมทริกซ์ของความน่าจะเป็นของขนาดรอยแยกและระยะเวลาโดยใช้สมการถดถอย สำหรับการวิเคราะห์ผลการพิบัติของเขื่อนในแบบจำลอง HEC-RAS จะประกอบด้วยรูปตัดตามขวางในลำน้ำและในพื้นที่น้ำท่วม (Cross Section) รูปตัดตามยาว (Profile) ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ตามช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อที่จะสามารถมองเห็นภาพลักษณะการเกิดคลื่นน้ำหลาก ซึ่งกราฟน้ำหลากจะแทนปริมาณน้ำที่ไหลออกจากตัวเขื่อนจนถึงทางด้านท้ายน้ำทำให้เกิดคลื่นน้ำหลากตลอดทั้งโครงข่ายลำน้ำ มีรายละเอียดของตัวแปรต่างๆ และลักษณะการนำเข้าข้อมูล ดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

#### 1) การนำเข้าข้อมูลการพิบัติของเขื่อน

การนำเข้าข้อมูลของการเกิดการพิบัติของเขื่อนโดยทำการเลือก Breach (plan data) ซึ่งเป็นนำเข้าข้อมูลทั่วไปของการเกิดการพิบัติเป็นการประเมินผลการพิบัติของเขื่อนโดยใช้แบบจำลองในการคาดการณ์เวลาที่เกิดขึ้นจริง โดยทำการใส่เป็นรูปทรงเรขาคณิต จากนั้นบันทึกเวลาระหว่างการคำนวณ โดยผู้ใช้งานสามารถนำเข้าข้อมูล

การพิบัติของเขื่อนจากเมนู Dam Breach (Inline Structure) และใช้ตัวเลือกเมนู Unsteady Flow Analysis จะแสดง ดังแสดงในรูปที่ ง.6.2.2-1



รูปที่ ง.6.2.2-1 การใส่ข้อมูลการพิบัติของเขื่อน

ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อนมีดังนี้

- (1) Inline Structure: ทำการเลือกในส่วนของโครงสร้างที่ต้องการวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อน
- (2) Delete This Breach: สำหรับล้างข้อมูลการพิบัติของเขื่อน
- (3) Delete All Breaches : สำหรับลบข้อมูลการพิบัติของเขื่อนทั้งหมด
- (4) Breach This Structure : เลือกข้อมูลการพิบัติของเขื่อนเพื่อให้โปรแกรมตรวจสอบการวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อน
- (5) Center Station: ตำแหน่งกึ่งกลางของการพิบัติในรูปตัดตามขวางตัวเขื่อน
- (6) Final Bottom Width: ความกว้างที่มากที่สุดของการพิบัติของเขื่อน
- (7) Final Bottom Elevation: ค่าระดับ (ความยาว) ที่มากที่สุดของการพิบัติของเขื่อน
- (8) Left-Right side Slope: ค่าความลาดชันด้านซ้าย รูปร่างการพิบัติเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูซึ่งแทนระดับสุดท้ายของรอยแยก ถ้าใส่ค่าความลาดชันเท่ากับ 0 ทั้งสองข้าง จะทำให้รูปร่างการพิบัติเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งการป้อนค่าความลาดชันนั้น จะแทนอัตราส่วนระหว่างแนวนอนกับแนวตั้ง
- (9) Full Formation Time (hrs.): เวลาที่ต้องการสำหรับการพิบัติ ซึ่งจะแทนช่วงเวลาของการเริ่มพิบัติจนกระทั่งถึงความกว้างของรอยแยกสุดท้าย
- (10) Failure Mode: ตัวเลือกรูปแบบการพิบัติแบบเกิดรูรั่วและแบบน้ำล้นข้ามสันเขื่อน โดยการพิบัติแบบน้ำล้นข้ามสันเขื่อน ควรเลือกเมื่อปริมาณน้ำล้นข้ามสันเขื่อนและทำให้เกิดการกัดเซาะของตัวเขื่อน หรือปริมาณการไหลเกินความจุอ่างเก็บน้ำ จนเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกัดเซาะของตัวเขื่อน

ส่วนการพิบัติแบบเกิดรูรั่ว ควรเลือกเมื่อการพิบัติของเขื่อนเกิดจากการรั่วซึมของตัวเขื่อน ทำให้มีการกัดเซาะจนทำให้ปริมาณน้ำไหลทะลุผ่านตัวเขื่อนและเกิดการกัดเซาะมากขึ้น โดยการพิบัติแบบเกิดรูรั่วจะเกิดขึ้นช้าๆ ในช่วงแรกแต่จะมีความเร็วเพิ่มมากขึ้นเมื่อเกิดรูรั่วขนาดใหญ่

(11) Piping Coefficient: สัมประสิทธิ์ของช่องรูรั่ว ใช้ได้เฉพาะการพิบัติแบบเกิดรูรั่ว ซึ่งสมการของช่องรูรั่วจะคำนวณจากปริมาณการไหลผ่านรอยแยกขณะเกิดการพิบัติ

(12) Initial Piping Elev: การป้อนค่าระดับศูนย์กลางของการพิบัติแบบเกิดรูรั่ว ช่วงเวลาเริ่มต้นก่อนเกิดการพิบัติ

(13) Trigger Failure At: เป็นการป้อนข้อมูลของปัจจัยที่ทำให้เกิดการพิบัติ โดยมี 3 ตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับใช้ในแบบจำลอง HEC-RAS คือ ระดับปริมาณน้ำหลาก (WS Elev) การกำหนดเวลา (Set Time) และการรวมกันของระดับปริมาณน้ำหลากและการกำหนดเวลาของผู้ใช้แบบจำลอง (WS Elev+ Duration) ซึ่งในตัวเลือกที่ 3 ผู้ใช้สามารถป้อนค่าระดับปริมาณน้ำหลากในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นถ้าปริมาณน้ำมีมากกว่าค่าที่ป้อนเข้าแบบจำลอง นั่นคือการเริ่มต้นของการพิบัติส่วนตัวเลือกที่เพิ่มเข้ามานี้ ที่ผู้ใช้สามารถป้อนค่าระดับปริมาณน้ำคือ “Immediate Initiation WS” ถ้ามีระดับน้ำมากเกินไปจะทำให้เกิดการพิบัติแบบฉับพลัน

(14) Starting WS: ปัจจัยในการเกิดการพิบัติ (trigger failure) ในโหมดของระดับปริมาณน้ำ (WS Elev) สามารถป้อนระดับปริมาณน้ำที่แทนระดับที่รอยแยกก่อนเกิดการพิบัติของเขื่อน

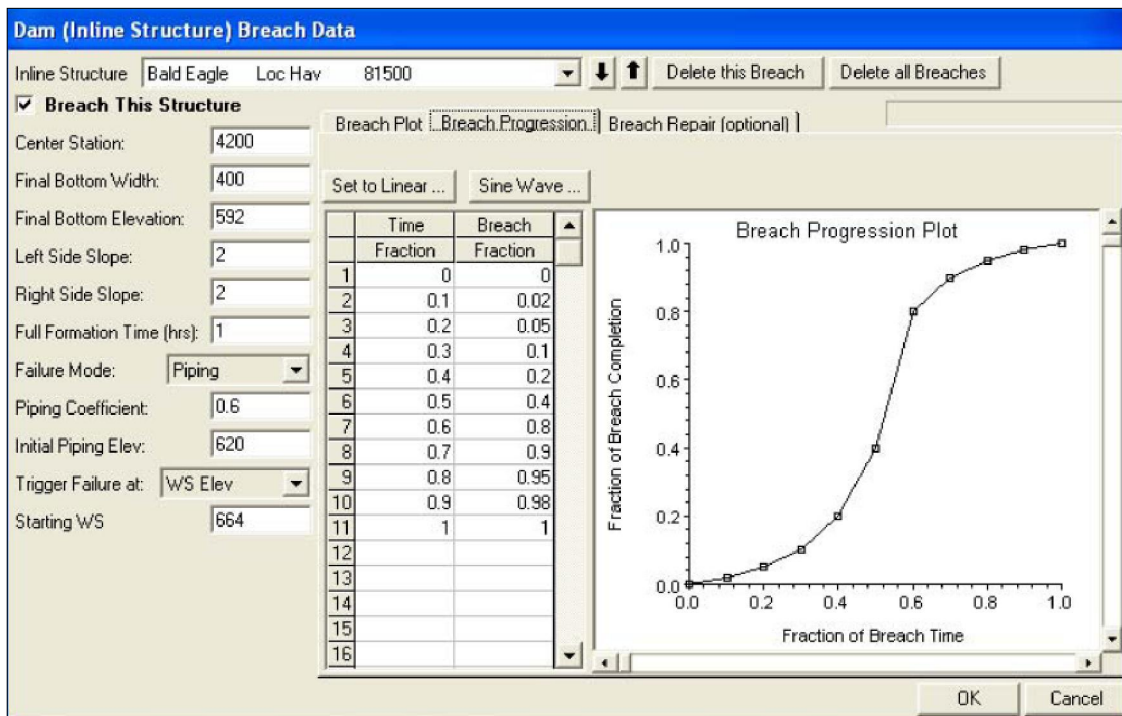
(15) Start Data: ปัจจัยในการเกิดการพิบัติ (trigger failure) ในโหมดของการตั้งค่าเวลา (Set Time) โดยผู้ใช้สามารถป้อนค่าวันที่ที่เริ่มเกิดการพิบัติของเขื่อน

(16) Start Time: ค่าเวลาที่เริ่มเกิดการพิบัติ เช่น (1800 คือ 6.00 p.m.)

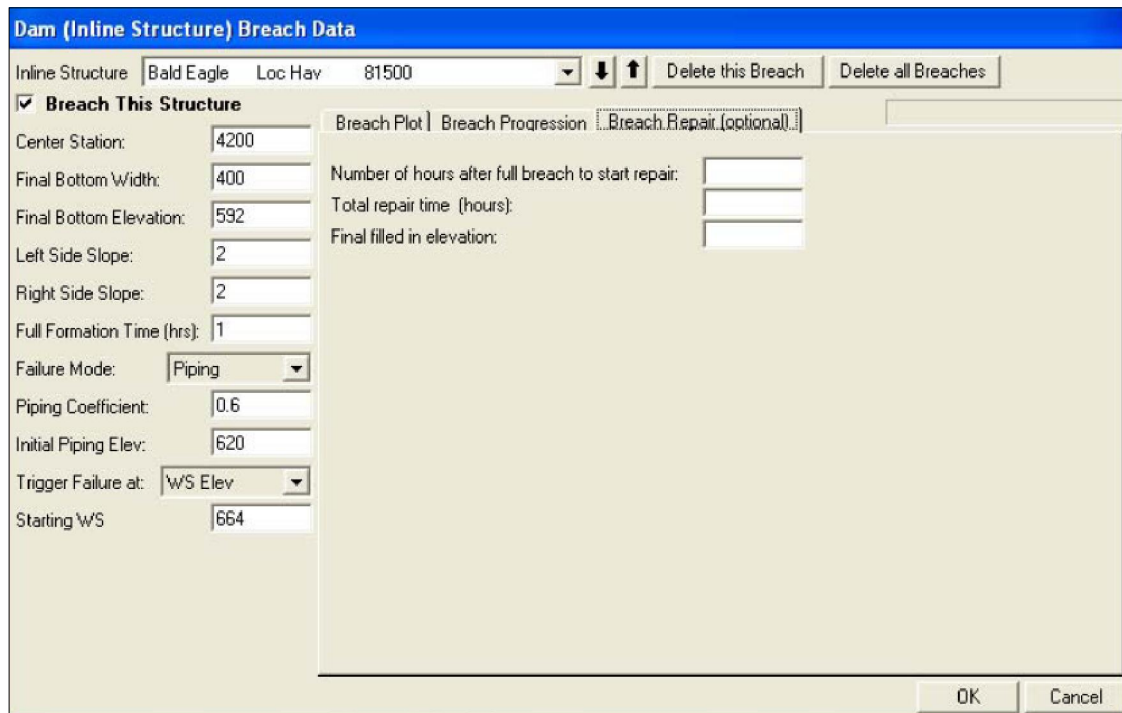
(17) reach Plot: การแสดงโครงสร้างของเขื่อนด้วยกราฟิกเพื่อแสดงขนาดของรอยแยกและตำแหน่งจะแสดงเป็นสีแดง

(18) Breach Progression: กราฟเส้นโค้งของข้อมูลการพิบัติของเขื่อน มีผลต่อขนาดของรอยแยกที่เพิ่มขึ้นตามช่วงระยะเวลาที่ผู้ใช้กำหนด โดยกราฟเส้นโค้งจะเป็นสัดส่วนเวลา (Time Fraction) และสัดส่วนรอยแยก (Breach Fraction) ซึ่งเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของขนาดรอยแยก ทั้ง 2 ตัวเลือกนี้ จำนวนตัวเลข 0 และ 1 โดยตัวอย่างจะแสดงดัง **ดั่งรูปที่ 6.2.2-2**

(19) Breach Repair (Optional): ข้อมูลการซ่อมแซมเขื่อน ประกอบไปด้วย จำนวนชั่วโมงหลังจากการเกิดรอยแยกเต็มๆ เพื่อที่จะเริ่มซ่อมแซม เวลา (ชั่วโมง) ทั้งหมดที่ใช้ในการอุดรูรั่ว และ ระดับสุดท้ายที่อุดรูรั่ว แสดงดังรูปที่ **ง.6.2.2-3**



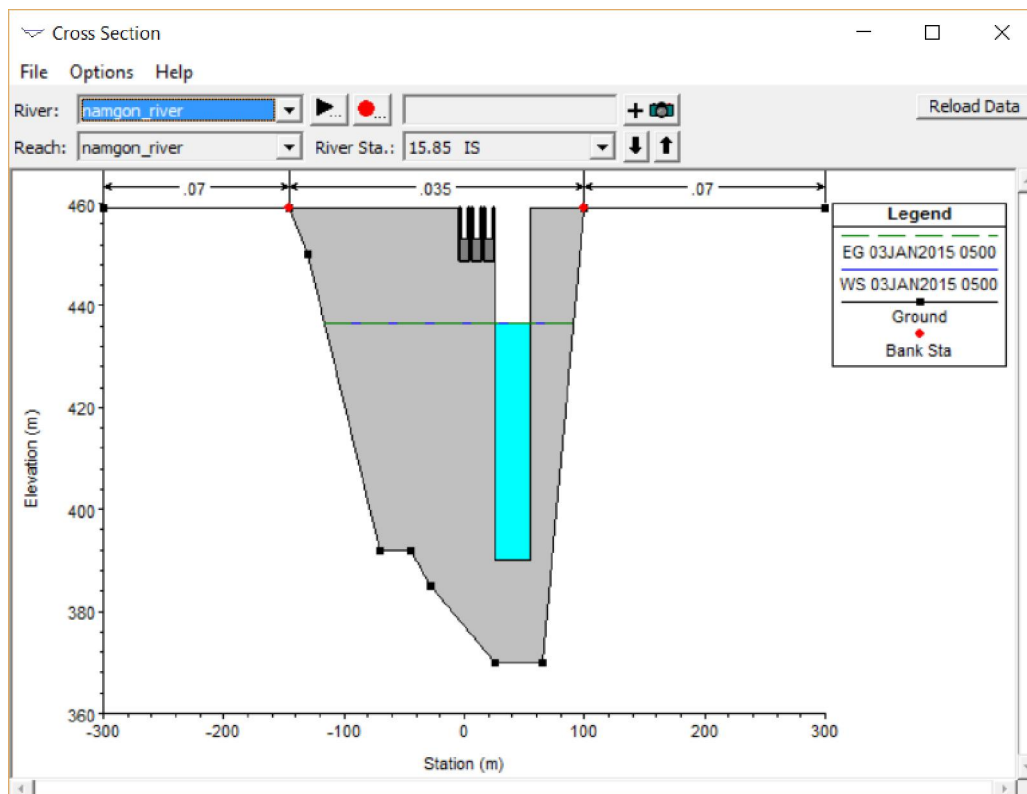
รูปที่ ๖.๖.๒.๒-๒ การแก้ไขข้อมูลการพิบัติของเขื่อน



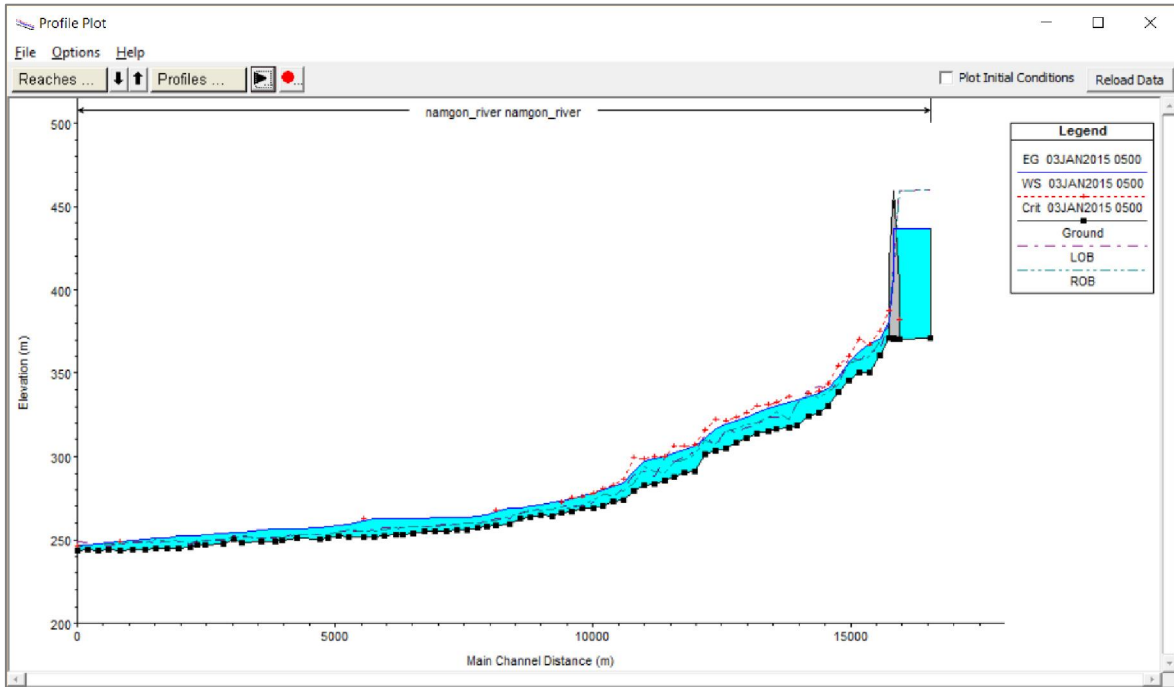
รูปที่ ๖.๖.๒.๒-๓ ข้อมูลการซ่อมแซมจากการพิบัติของเขื่อน

## 2) การวิเคราะห์การพิบัติของเขื่อน

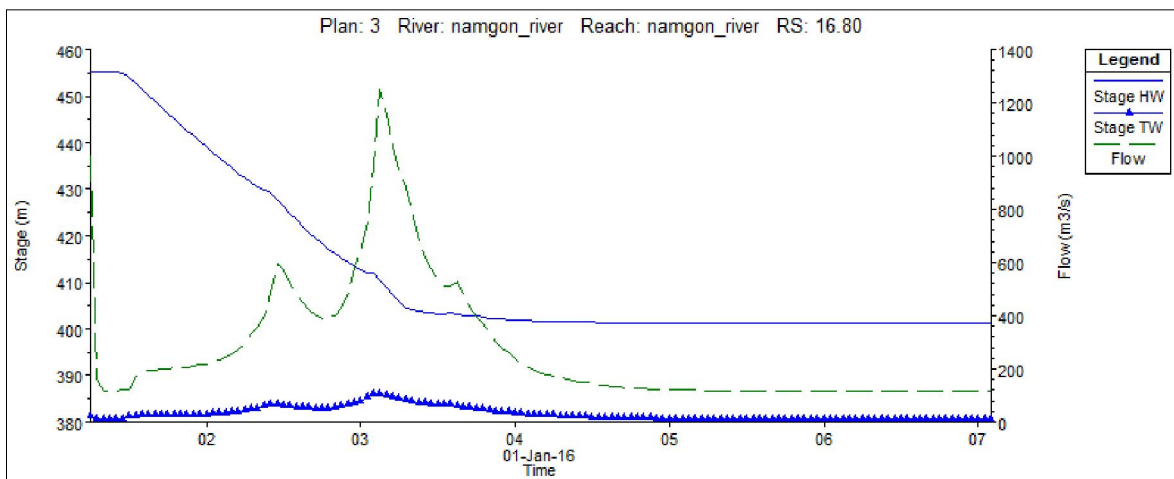
ในการวิเคราะห์ผลของการพิบัติของเขื่อนในแบบจำลอง HEC-RAS จะประกอบด้วยรูปตัดตามขวางแบบกราฟิก รูปตัดด้านข้าง (profile) และ ลักษณะภาพจำลอง 3 มิติ ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ตามช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อที่จะสามารถมองเห็นภาพลักษณะการเกิดคลื่นน้ำท่วม จากตัวอย่างเป็นการพล็อตรูปตัดตามขวางขณะที่เกิดการพิบัติ แสดงดังรูปที่ ง.6.2.2-4 และโปรไฟล์ของปริมาณน้ำท่าในช่วงเวลาที่ต้องการ ดังรูปที่ ง.6.2.2-5 ซึ่งสามารถแสดงผลกราฟน้ำหลากในตำแหน่งต่างๆ ดังในรูปที่ ง.6.2.2-6 เป็นการแสดงกราฟน้ำท่าจากการเกิดการพิบัติของเขื่อน ซึ่งกราฟน้ำท่าจะแทนปริมาณน้ำที่ไหลออกจากตัวเขื่อนจนถึงทางด้านท้ายน้ำทำให้เกิดคลื่นน้ำท่วมตลอดทั้งโครงข่ายลำน้ำ



รูปที่ ง.6.2.2-4 ตัวอย่างรูปตัดขวางของเขื่อนขณะเกิดการพิบัติ



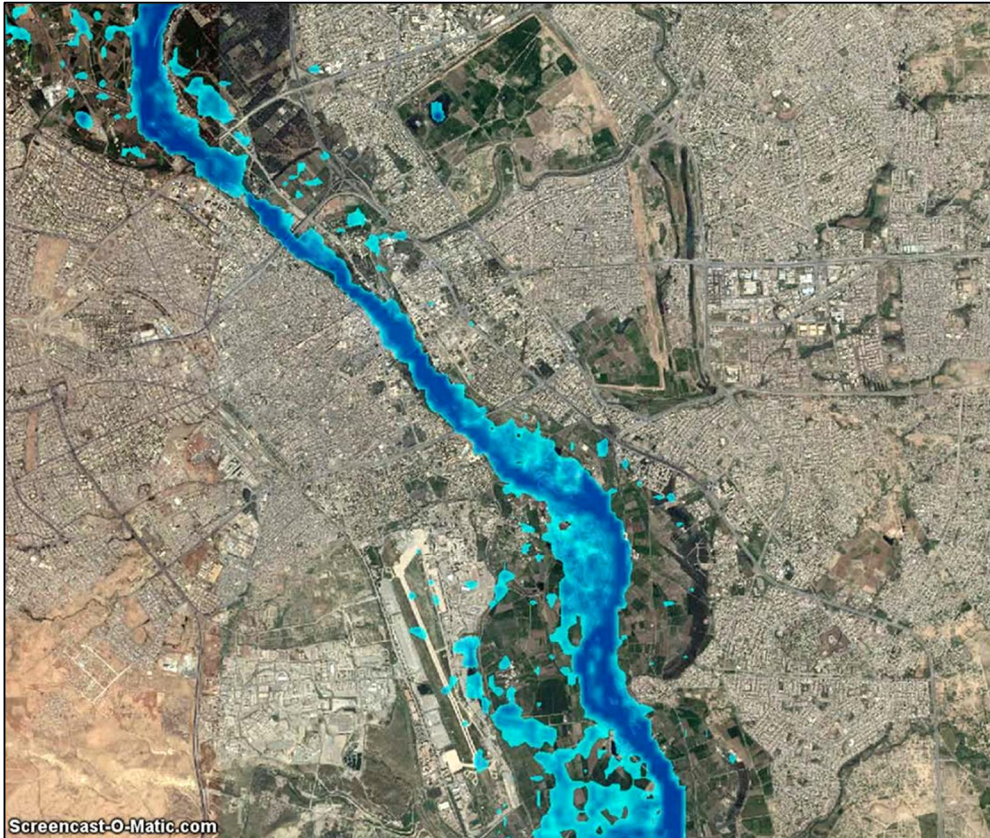
รูปที่ ๖.6.2.2-5 ตัวอย่างหน้าตัดการไหลของลำน้ำขณะเกิดการพิบัติ



รูปที่ ๖.6.2.2-6 ปริมาณการไหลของกราฟน้ำหลากจากตัวเขื่อนจนถึงท้ายน้ำ

### ๖.6.3 แบบจำลองแผนที่น้ำท่วม

การจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจากการเกิด Dam Break จะประยุกต์ใช้โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Software) ร่วมกับแบบจำลอง HEC-GeoRAS เพื่อนำผลการวิเคราะห์ระดับน้ำตามแนวยาวของลำน้ำ (Longitudinal River Profile) ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง HEC-RAS ของปริมาณน้ำหลากที่เคลื่อนตัวผ่านรอยแยกของเขื่อนและไหลลงสู่ด้านท้ายน้ำของเขื่อน ร่วมกับข้อมูลแผนที่ความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ในบริเวณพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบจากการพิบัติของเขื่อน แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในรูปที่ ๖.6.3-1



รูปที่ ง.6.3-1 ตัวอย่างการการจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจากการเกิดพิบัติเขื่อน

## ง.7 แนวทางการศึกษาการพิบัติเขื่อนแก่ประชาชน

### ง.7.1 การศึกษาความสามารถในการรองรับน้ำหลากของอาคารระบายน้ำ

ทำการศึกษาความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่ประชาชนที่รอบปีการเกิดต่างๆ และปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) โดยการกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ระดับเก็บกัก จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลของระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นเพื่อทำการกำหนดกรณีศึกษาของการเกิดการพิบัติของเขื่อนต่อไป

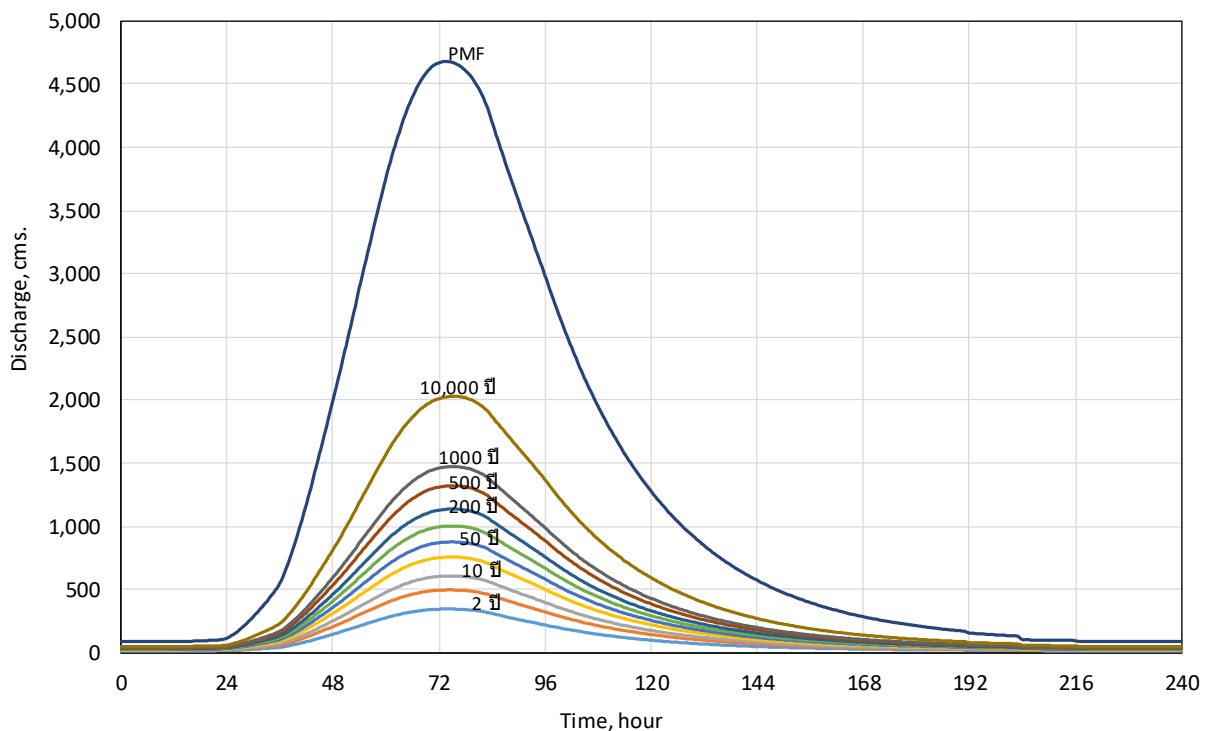
### ง.7.2 การศึกษาการพิบัติของเขื่อนแก่ประชาชน

การกำหนดกรณีศึกษาการพิบัติของเขื่อนแก่ประชาชนและการวิเคราะห์การไหลด้านท้ายน้ำจะอาศัยผลการศึกษาความเป็นไปได้ของรูปแบบและตำแหน่งที่จะเกิดการพังทลายของเขื่อนและปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ จากหน่วยงานวิจัยย่อย สำหรับเป็นข้อมูลด้านเข้าในแบบจำลอง ซึ่งจากการศึกษาของหน่วยงานวิจัยย่อย “การศึกษาและวิจัยเพื่อวิเคราะห์อัตราการไหลเมื่อเกิดการพิบัติของเขื่อนแก่ประชาชนด้วยแบบจำลองทางกายภาพ” สรุปได้ว่า จุดเริ่มต้นการพังทลายจะเริ่มที่ใต้ฐานเขื่อนหรือมุมใต้ฐานเขื่อนด้านใดด้านหนึ่ง เมื่อเกิดการพังทลายของเขื่อน เริ่มจากการกัดเซาะของน้ำที่บริเวณฐานเขื่อนจนทำให้ตัวเขื่อนไม่สามารถรับแรงดันของน้ำได้ โครงสร้างด้านเหนือน้ำของเขื่อนเริ่ม

แตกรั่วยุบตัวลงเนื่องจากแรงดันน้ำใต้ฐานเขื่อน สันเขื่อนเริ่มมีการขยับตัวยุบลง ทางด้านท้ายน้ำ การพังทลายของสันเขื่อนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในขณะเดียวกันกับการไหลของน้ำที่ไหลล้นสันเขื่อนที่รอยแตกกว้างที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงแรกของการแตก การไหลของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการแตกของสันเขื่อน จนเมื่อระดับน้ำในเขื่อนลดลง ปริมาณน้ำค่อยๆ ลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลง ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าว นำมากำหนดกรณีศึกษาและบริเวณที่เริ่มการพิบัติเขื่อนแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

1. การพิบัติของเขื่อนจากปริมาณน้ำที่ไหลข้ามสันเขื่อน (Overtopping)
  - 1.1 เขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 พังทลายจนถึงระดับสันอาคารระบายน้ำล้นที่ 99.00 ม.(รทก.)
  - 1.2 เขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 พังทลายทั้งหมด
  - 1.3 เขื่อนหลักพังทลายทั้งหมด โดยใช้ปริมาณน้ำระบายออกจากแบบจำลองกายภาพ
2. การพิบัติจากน้ำไหลรอดฐานเขื่อน (Piping)

ทุกกรณีศึกษาจะกำหนดให้ระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ระดับที่ทำให้เกิดความเสียหายสูงสุด (Worse Case Scenario) ซึ่งเท่ากับระดับเก็บกักน้ำที่ระดับ 99.00 ม.รทก. และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำหลากที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน ได้จากผลการศึกษาของหน่วยงานวิจัยย่อย “การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำเพื่อป้องกันอุทกภัย” แสดงกราฟน้ำหลากที่รอบปีการเกิดซ้ำ 2-10000 ปี และปริมาณน้ำหลากที่อาจเกิดได้สูงสุด (PMF) ไว้ในรูปที่ ง.7.2-1



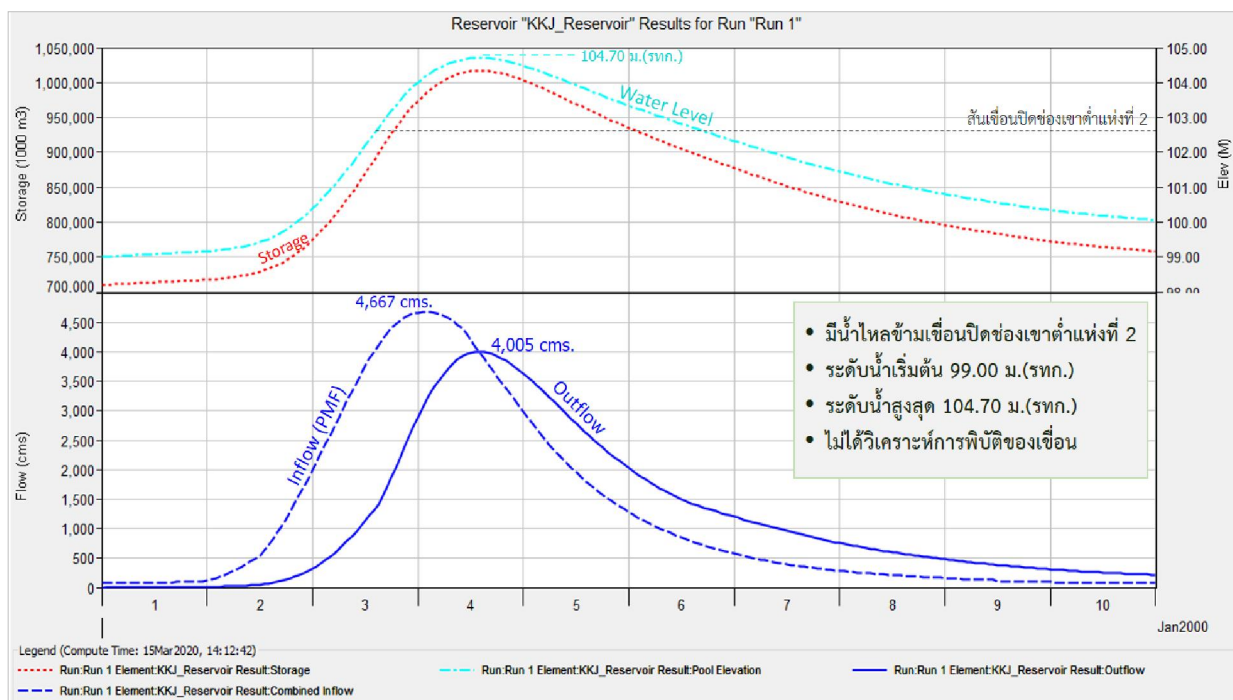
รูปที่ ง.7.2-1 ปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ

### ง.7.3 ผลการศึกษา

เขื่อนแก่งกระจานเป็นเขื่อนดิน ตัวเขื่อนมีความสูง 58.0 เมตร สันเขื่อนยาว 760 เมตร สันเขื่อนกว้าง 8 เมตร ฐานตอนที่กว้างที่สุด 250 เมตร ความลาดชันด้านเหนือน้ำ 1:2 และ 1:2.75 ลาดชันด้านท้ายน้ำ 1:2.25 อาคารระบายน้ำล้นเป็นแบบสันฝายไม่มีบานบังคับน้ำ ความกว้างช่องระบาย 110 เมตร ระดับธรณีสันทางระบายน้ำที่ระดับ 99.00 ม.รทก. ระบายน้ำได้สูงสุด 1,380 ลบ.ม./วินาที กำหนดกรณีศึกษาเป็นการพิบัติแบบไหลข้ามสันเขื่อนและการไหลลอดใต้ฐานเขื่อน กำหนดระดับน้ำเริ่มต้นไว้ที่ระดับเก็บกักปกติที่ +99.00 ม.รทก. ซึ่งเป็นระดับน้ำเก็บกักและมีความเสียหายจากการพิบัติเขื่อนสูงสุด

#### ง.7.3.1 ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ

ผลการศึกษาการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากผ่านอาคารระบายน้ำที่ระดับน้ำเริ่มต้น 99.00 ม. (รทก.) ซึ่งเป็นระดับเก็บกักปกติ ปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) เท่ากับ 4,667 ลบ.ม.ต่อวินาที ระดับน้ำสูงสุดอยู่ที่ระดับ 104.70 ม.(รทก.) ต่ำกว่าระดับสันเขื่อนหลักที่ระดับ 106.00 ม.(รทก.) แต่สูงกว่ากว่าระดับสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 ที่ระดับ 102.70 ม.(รทก.) อยู่ 2.00 เมตร ทำให้น้ำไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 รวมกับปริมาณน้ำระบายออกผ่านอาคารระบายน้ำล้น ทำให้มีปริมาณน้ำระบายสูงสุด 4,005 ลบ.ม.ต่อวินาที แสดงกราฟผลการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจานได้ในรูปที่ ง.7.3.1-1

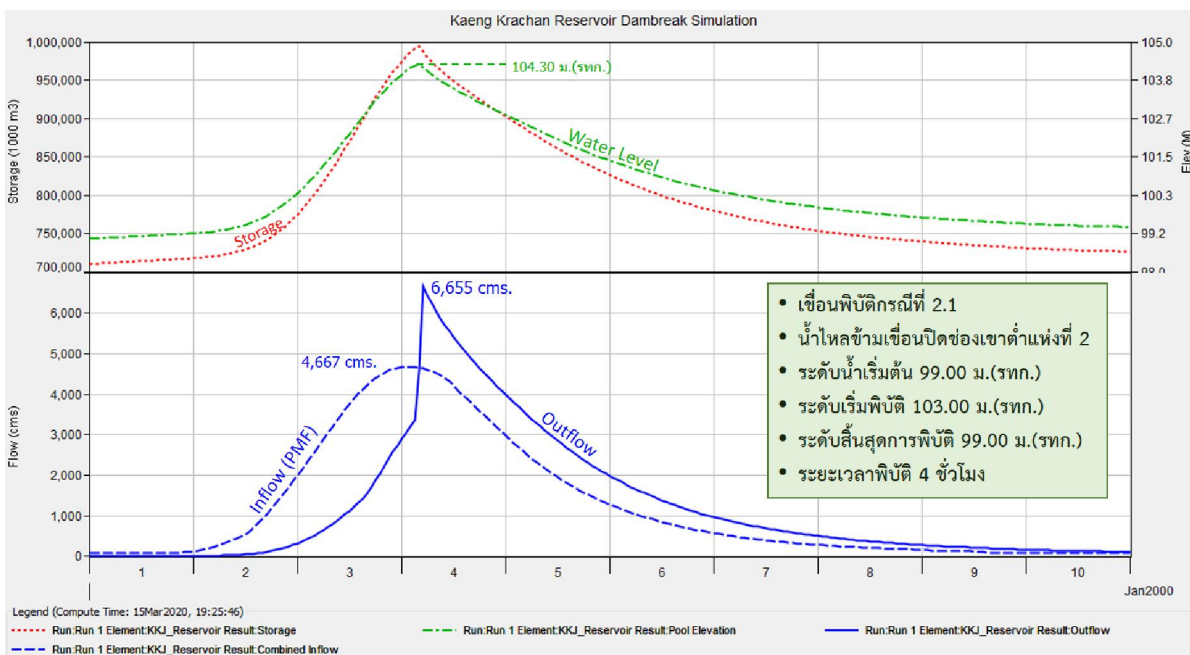


รูปที่ ง.7.3.1-1 กราฟผลการเคลื่อนตัวของปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ผ่านอ่างเก็บน้ำเขื่อนแก่งกระจาน

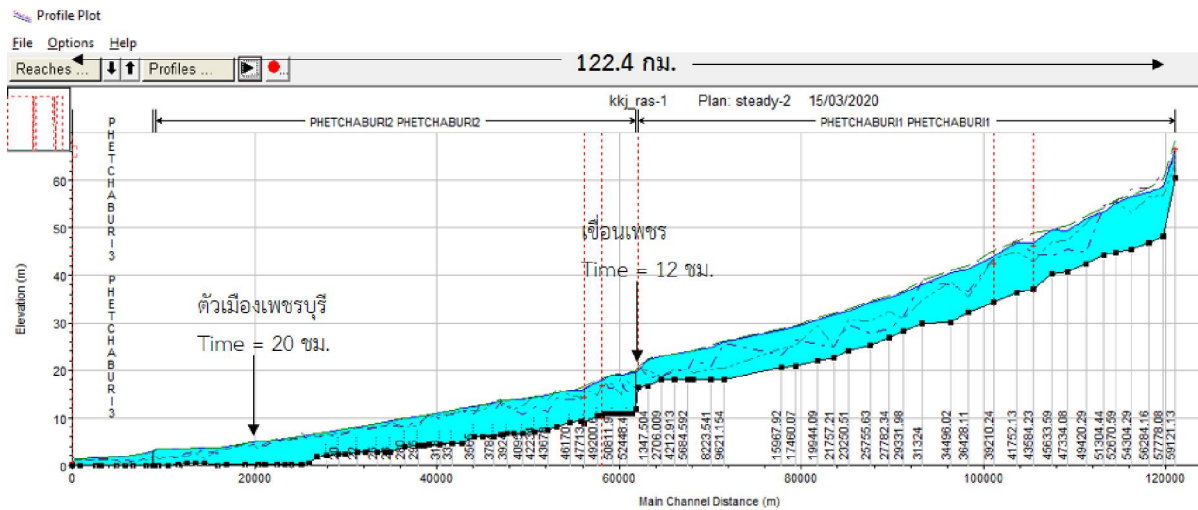
### ง.7.3.2 การพิบัติของเขื่อนจากปริมาณน้ำที่ไหลข้ามสันเขื่อน (Overtopping)

จากผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการพิบัติเขื่อนและจำลองการไหลของปริมาณน้ำที่ออกจากอ่างเก็บน้ำ สรุปได้ว่า กำหนดให้ระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ระดับ 99.00 ม.รทก. แล้วมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ ด้วยปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) อาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนแก่งกระจานมีความสามารถในการระบายออกที่ 1,380 ลบ.ม.ต่อวินาที ซึ่งไม่สามารถที่จะรองรับปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่ 4,676.96 ลบ.ม.ต่อวินาที ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ 74 ของกราฟน้ำหลากที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำได้ ทำให้ระดับน้ำยกตัวสูงขึ้นเหนือสันเขื่อน 0.5-1.0 เมตร จนเกิดการไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 กำหนดให้ตำแหน่งเริ่มต้นของการแตกเกิดจากการขาดเสถียรภาพของลาดเขื่อนบริเวณฐานยันเขื่อน (Abutment) อัตราการขยายตัว (Tf) เท่ากับ 0.5 ชั่วโมง กำหนดให้การพังทลายเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สรุปผลการศึกษากการพิบัติในกรณีต่างๆ ได้ดังนี้

1) เขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 พังทลายจนถึงระดับสันอาคารระบายน้ำล้นที่ 99.00 ม.(รทก.) กำหนดระดับน้ำเริ่มต้น 99.00 ม.(รทก.) เริ่มพิบัติที่ระดับ 103.00 ม.(รทก.) ระดับสิ้นสุดการพิบัติที่ระดับ 99.00 ม.(รทก.) ปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนสูงสุด 6,655 ลบ.ม.ต่อวินาที ใช้เวลาดังแต่เริ่มพิบัติจนสิ้นสุด 4 ชั่วโมง เวลาเดินทางของน้ำนับจากเกิดการพิบัติไปยังเขื่อนเพชร ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ความลึกน้ำสูงสุด 3.0 เมตร ที่บริเวณตำบล บางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 818 ตร.กม. (511,250 ไร่) ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังในพื้นที่ตอนล่างลุ่มน้ำเพชรบุรีประมาณ 3 วัน แสดงกราฟน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ รูปตัดตามยาว ระยะเวลาการเดินทางของน้ำ และแผนที่น้ำท่วมจากกรณีการพิบัติเนื่องจากปริมาณน้ำไหลข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 ไว้ในรูปที่ ง.7.3.2-1 ถึง ง.7.3.2-4 ตามลำดับ

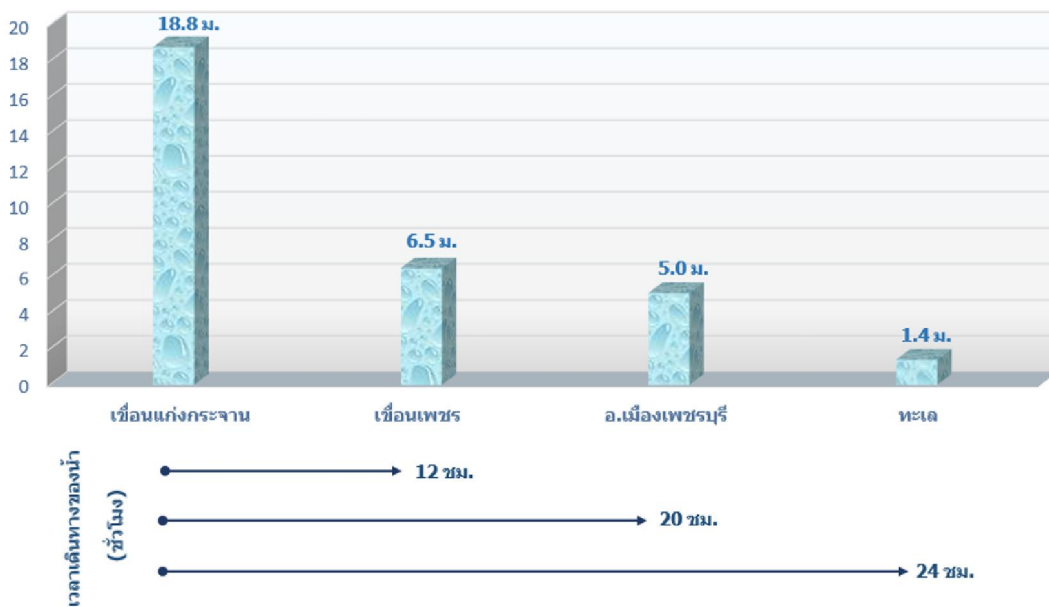


รูปที่ ง.7.3.2-1 กราฟน้ำหลากจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม.(รทก.)

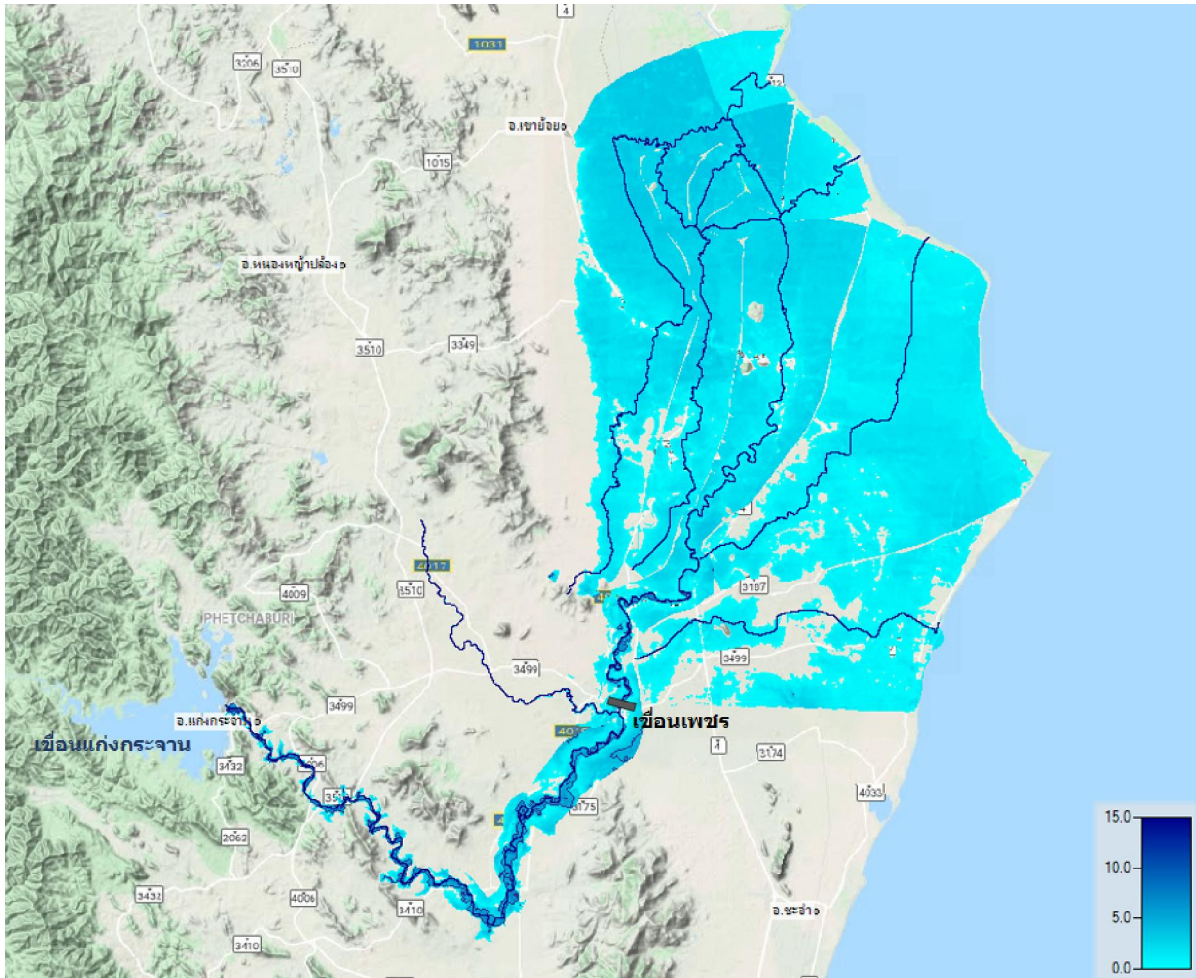


รูปที่ ง.7.3.2-2 รูปตัดตามยาวแสดงระดับน้ำจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาต่ำ  
 แห่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม.(รทก.)

ระดับน้ำความสูงของน้ำ (เมตร)

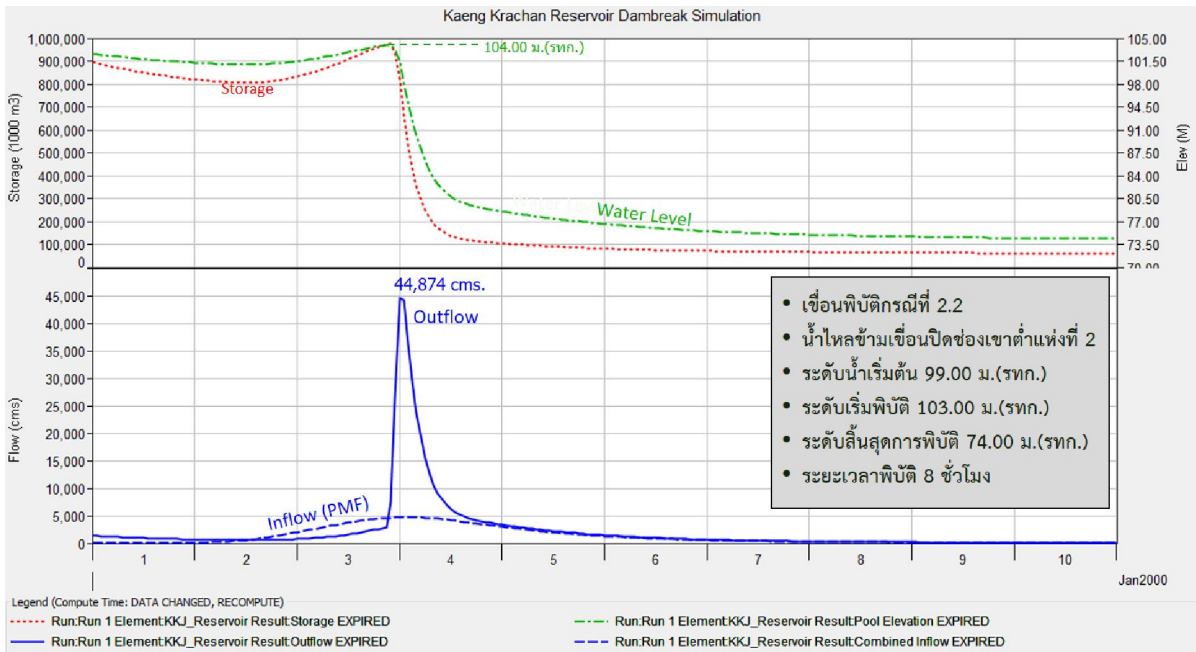


รูปที่ ง.7.3.2-3 ระยะเวลาการเดินทางของปริมาณน้ำจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่อง  
 เขาต่ำแห่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม.(รทก.)

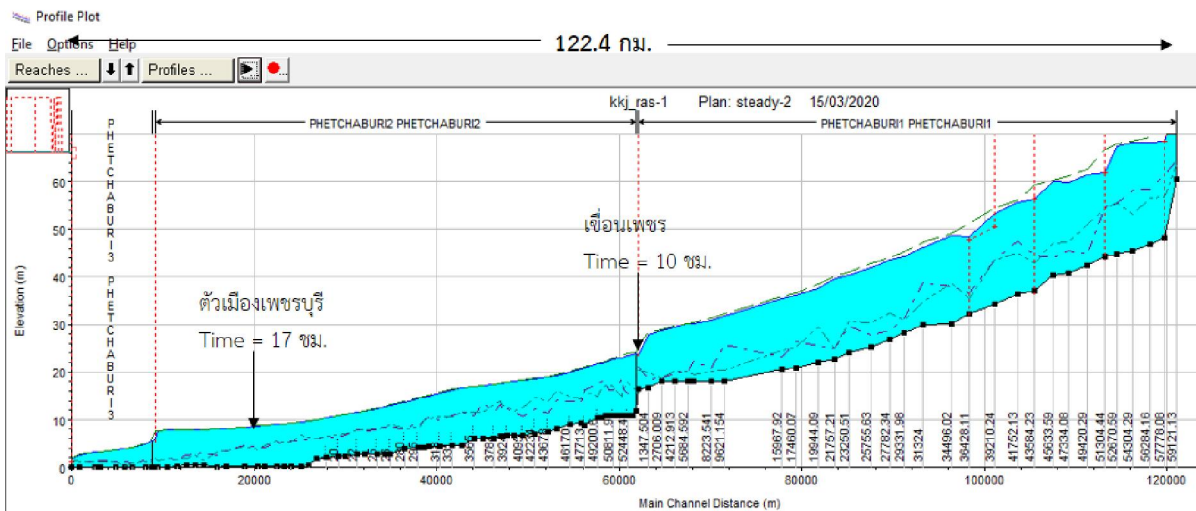


รูปที่ ง.7.3.2-4 แผนที่น้ำท่วมจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 99.00 ม.(รทก.)

2) เขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 พังทลายทั้งหมด กำหนดระดับน้ำเริ่มต้น 99.00 ม.(รทก.) เริ่มพิบัติที่ระดับ 103.00 ม.(รทก.) ระดับสิ้นสุดการพิบัติที่ระดับ 74.00 ม.(รทก.) ปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนสูงสุด 44,874 ลบ.ม.ต่อวินาที ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มพิบัติจนสิ้นสุด 8 ชั่วโมง เวลาเดินทางของน้ำนับจากเกิดการพิบัติไปยังเขื่อนเพชร ใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง ความลึกน้ำสูงสุด 6.50 เมตร ที่บริเวณตำบล บางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 893 ตร.กม. (558,554 ไร่) ระยะเวลาน้ำท่วมขังในพื้นที่ตอนล่างลุ่มน้ำเพชรบุรีประมาณ 5 วัน แสดงกราฟน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ รูปตัดตามยาว ระยะเวลาการเดินทางของน้ำ และแผนที่น้ำท่วมจากกรณีการพิบัติเนื่องจากปริมาณน้ำไหลข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 ไว้ในรูปที่ ง.7.3.2-5 ถึง ง.7.3.2-8 ตามลำดับ

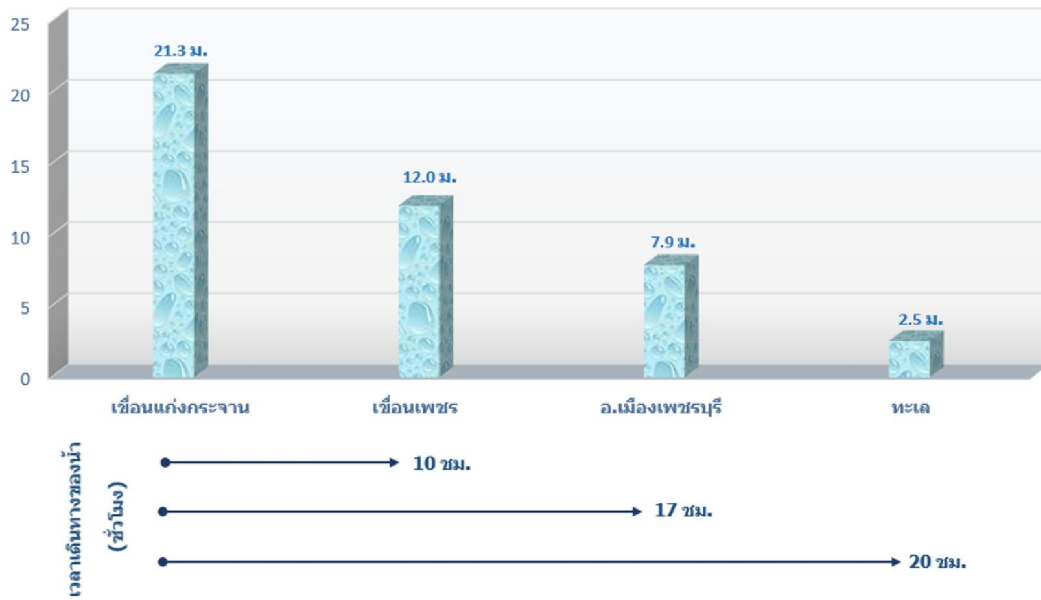


รูปที่ ง.7.3.2-5 กราฟน้ำหลากจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 74.00 ม.(รทก.)

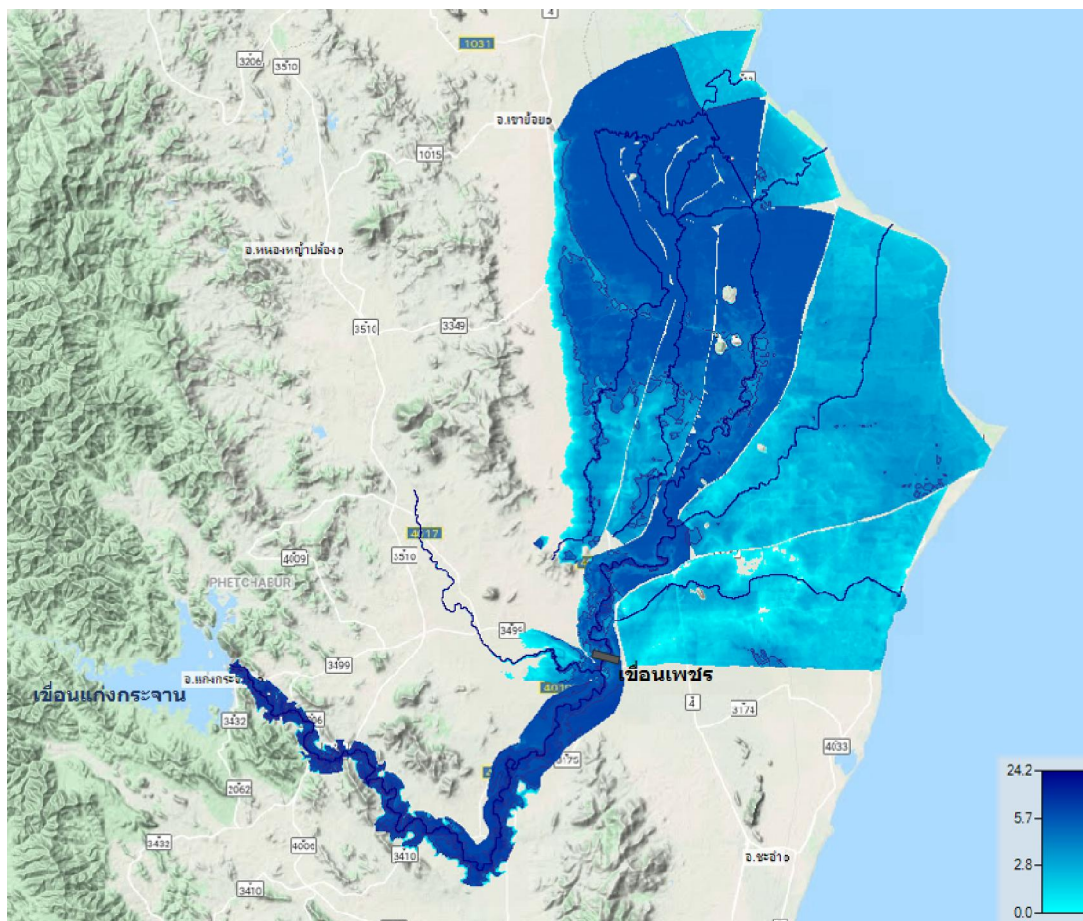


รูปที่ ง.7.3.2-6 รูปตัดตามยาวแสดงระดับน้ำจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 74.00 ม.(รทก.)

ระดับน้ำความสูงของน้ำ (เมตร)

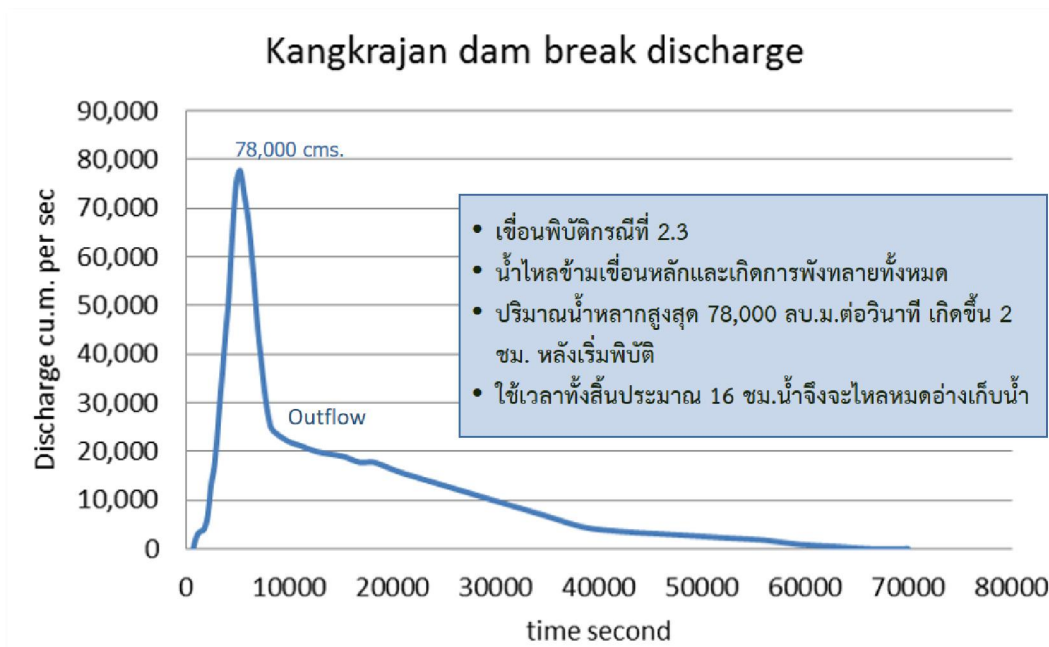


รูปที่ ง.7.3.2-7 ระยะเวลาการเดินทางของปริมาณน้ำจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 74.00 ม.(รทก.)

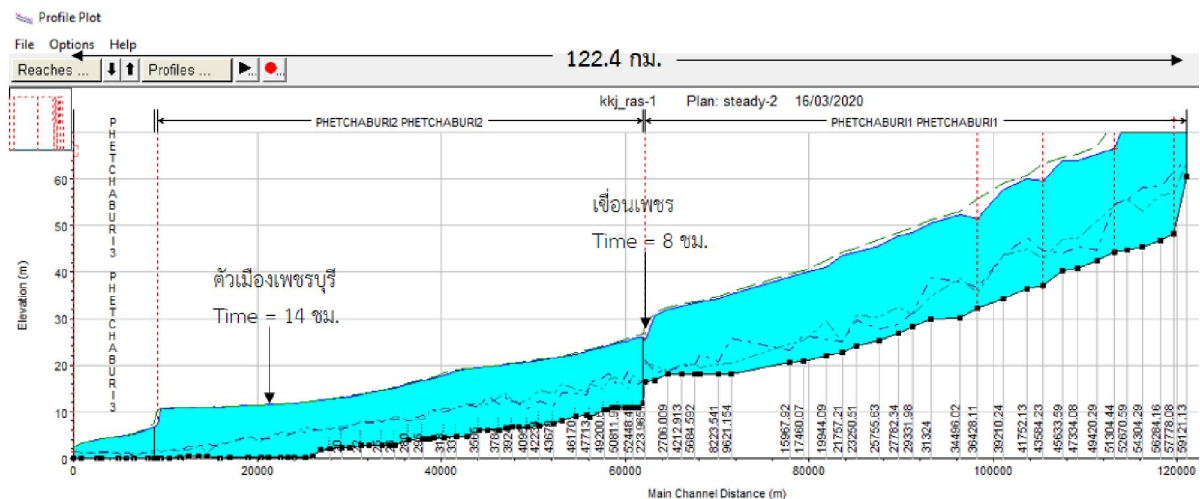


รูปที่ ง.7.3.2-8 แผนที่น้ำท่วมจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนปิดช่องเขาตำแหน่งที่ 2 จนถึงระดับ 74.00 ม.(รทก.)

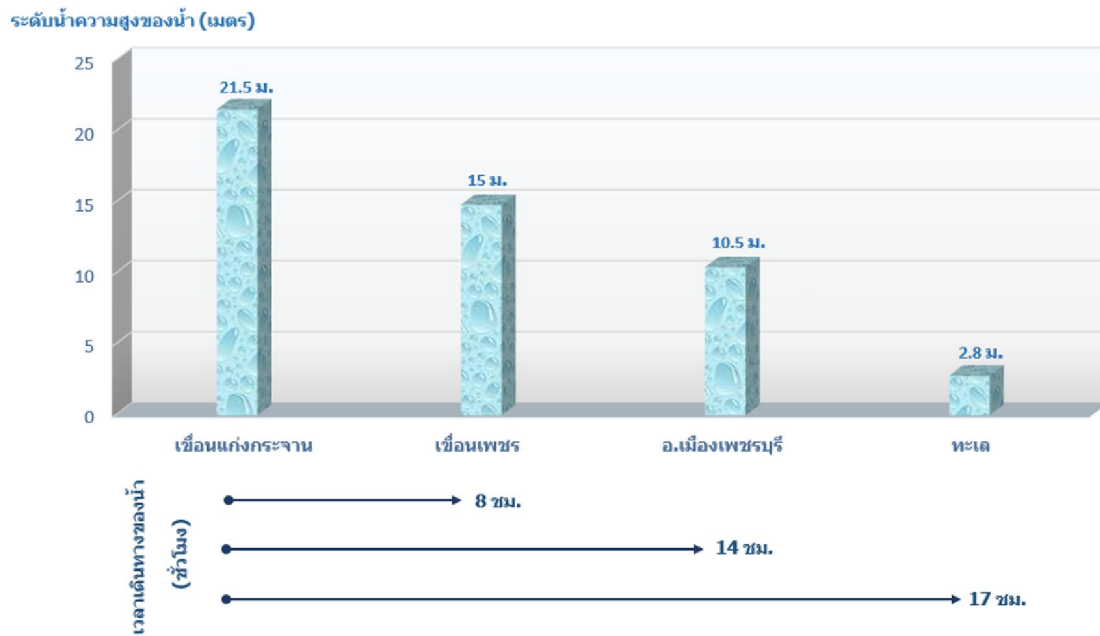
3) เชื่อนหลักพังทลายทั้งหมด โดยใช้ปริมาณน้ำระบายออกจากแบบจำลองกายภาพ มีปริมาณน้ำระบายออกจากเขื่อนสูงสุด 78,000 ลบ.ม.ต่อวินาที ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มพิบัติจนถึงสิ้นสุด 16 ชั่วโมง เวลาเดินทางของน้ำนับจากเกิดการพิบัติไปยังเขื่อนเพชร ใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง ความลึกน้ำสูงสุด 8.00 เมตร ที่บริเวณตำบล บางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 978 ตร.กม. (611,360 ไร่) ระยะเวลาที่น้ำท่วมขังในพื้นที่ตอนล่างลุ่มน้ำเพชรบุรีประมาณ 7 วัน แสดงกราฟน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำรูปตัดตามยาว ระยะเวลาการเดินทางของน้ำ และแผนที่น้ำท่วมจากกรณีการพิบัติเนื่องจากปริมาณน้ำไหลข้ามสันเขื่อนหลักไว้ในรูปที่ ง.7.3.2-9 ถึง ง.7.3.2-12 ตามลำดับ



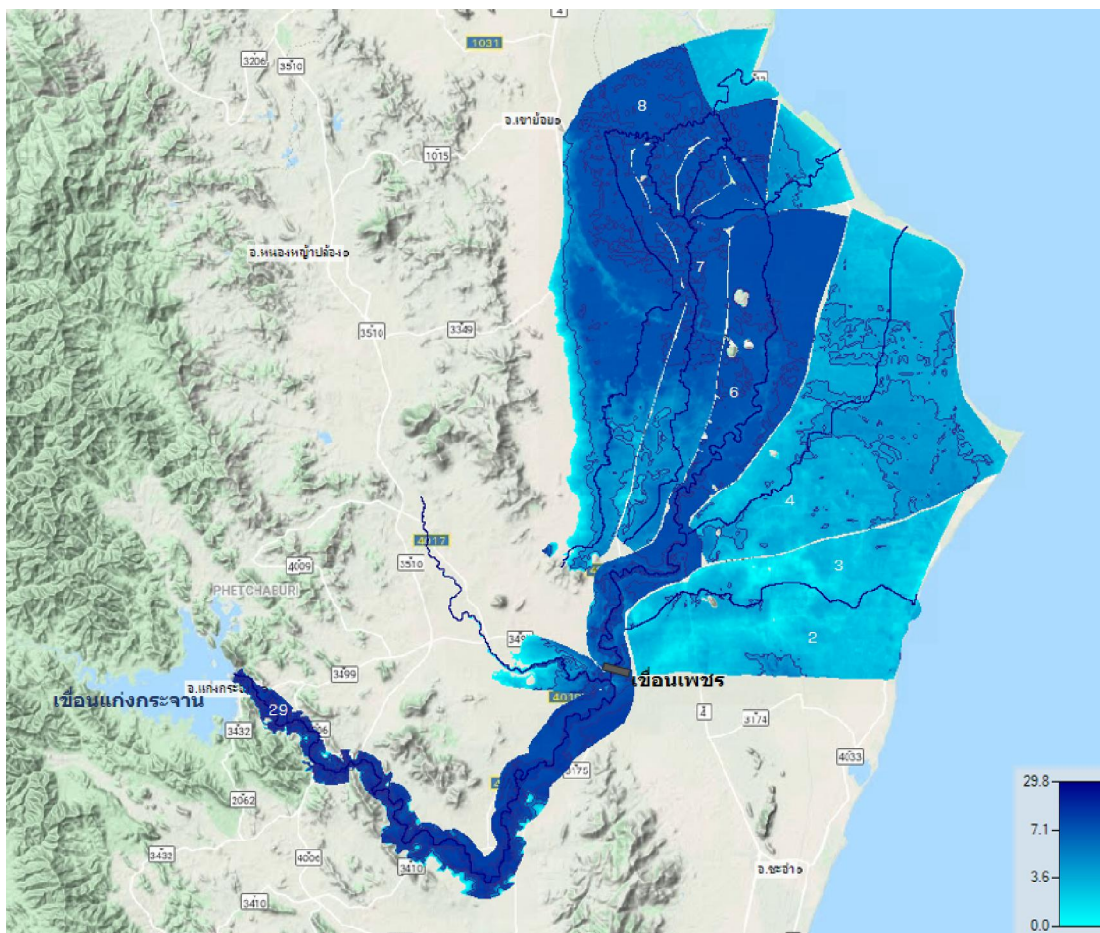
รูปที่ ง.7.3.2-9 กราฟน้ำหลากจากการพิบัติเขื่อนแก่งกระจานกรณีไหลข้ามสันเขื่อนจากแบบจำลองกายภาพ



รูปที่ ง.7.3.2-9 รูปตัดตามยาวแสดงระดับน้ำจากการพิบัติกรณีไหลข้ามสันเขื่อนแก่งกระจาน



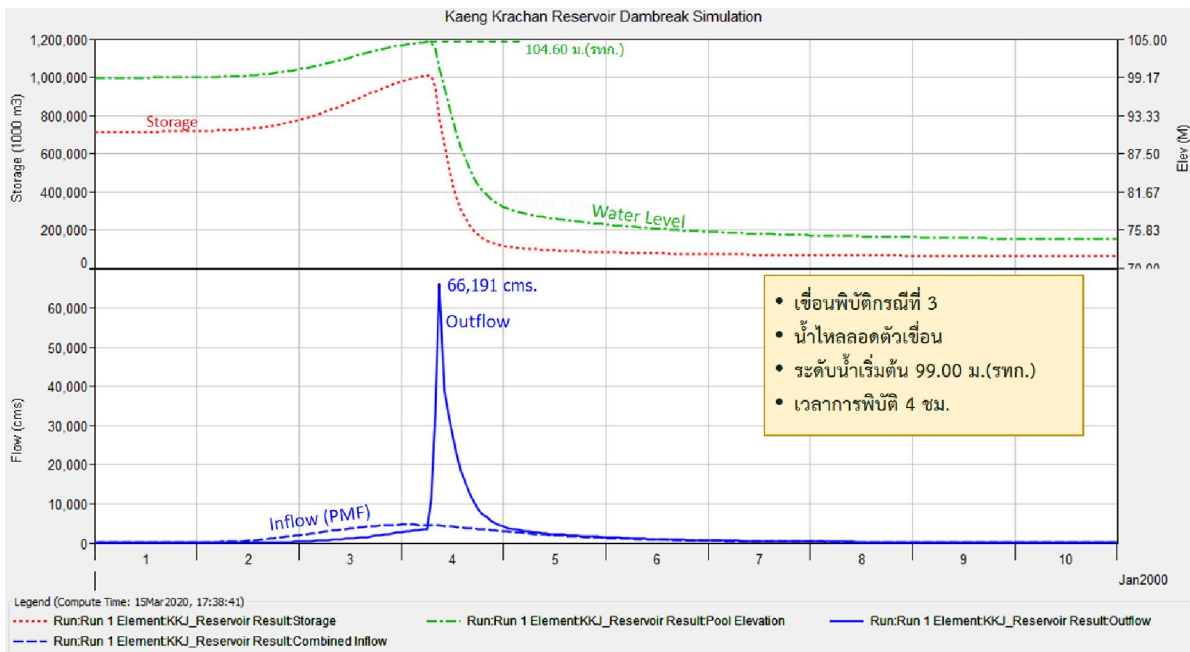
รูปที่ ง.7.3.2-10 ระยะเวลาการเดินทางของปริมาณน้ำจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนแก่งกระจาน



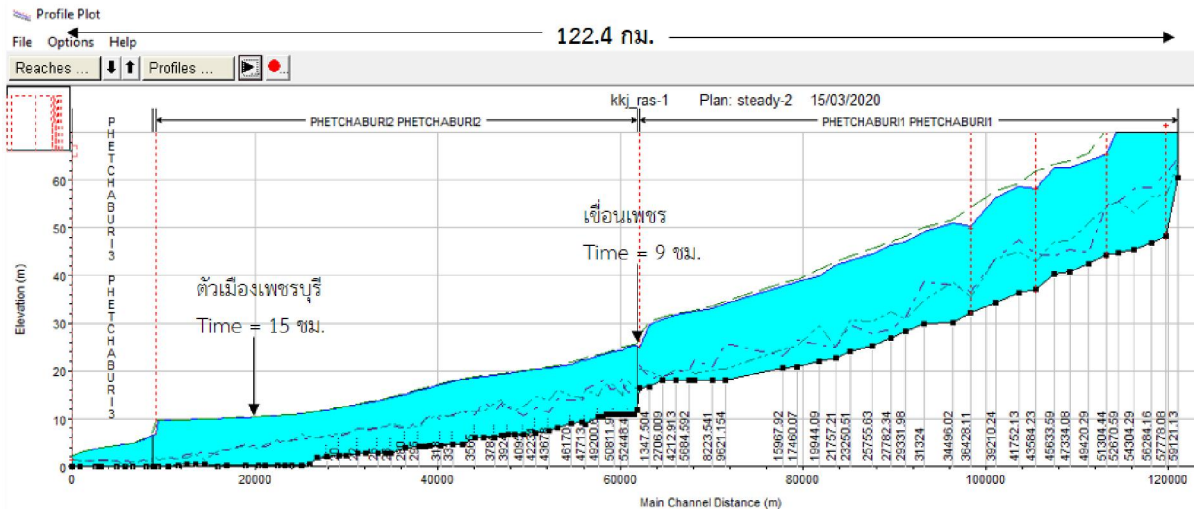
รูปที่ ง.7.3.2-11 แผนที่น้ำท่วมจากการพิบัติกรณีไหลล้นข้ามสันเขื่อนแก่งกระจาน

### ง.7.3.3 การพิบัติจากน้ำไหลรอดตัวเชื่อม (Piping)

จากผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการพิบัติเชื่อมและจำลองการไหลของปริมาณน้ำที่ออกจากอ่างเก็บน้ำ สรุปได้ว่า กำหนดให้ระดับน้ำเริ่มต้นอยู่ที่ระดับ 99.00 ม.รทก. แล้วมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ ด้วยปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (PMF) ทำให้มีการกัดเซาะของน้ำที่บริเวณฐานเขื่อนจนทำให้ตัวเขื่อนไม่สามารถรับแรงดันของน้ำได้ กำหนดให้ตำแหน่งเริ่มต้นของการแตกเกิดบริเวณรอยต่อระหว่างเขื่อนดินกับไหล่เขื่อนบริเวณที่เป็นตะพัก อัตราการขยายตัว (Tf) เท่ากับ 0.5 ชั่วโมง ปริมาณน้ำหลากที่ออกจากเขื่อนสูงสุดอยู่ที่ 66,191 ลบ.ม.ต่อวินาที ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มพิบัติจนสิ้นสุด 4 ชั่วโมง ระยะเวลาเดินทางของน้ำนับจากเกิดการพิบัติไปยังเขื่อนเพชร ใช้เวลาประมาณ 9 ชั่วโมง 30 นาที ความลึกน้ำสูงสุด 7.50 เมตร ที่บริเวณตำบล บางตะบูน อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 972 ตร.กม. หรือ 607,875 ไร่ ระยะเวลาน้ำท่วมขังในพื้นที่ตอนล่างลุ่มน้ำเพชรบุรีประมาณ 5 วัน แสดงกราฟน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ รูปตัดตามยาว ระยะเวลาการเดินทางของน้ำ และแผนที่น้ำท่วมจากกรณีการพิบัติเนื่องจากปริมาณน้ำไหลข้ามสันเขื่อนหลักไว้ในรูปที่ ง.7.3.3-1 ถึง ง.7.3.3-4 ตามลำดับ

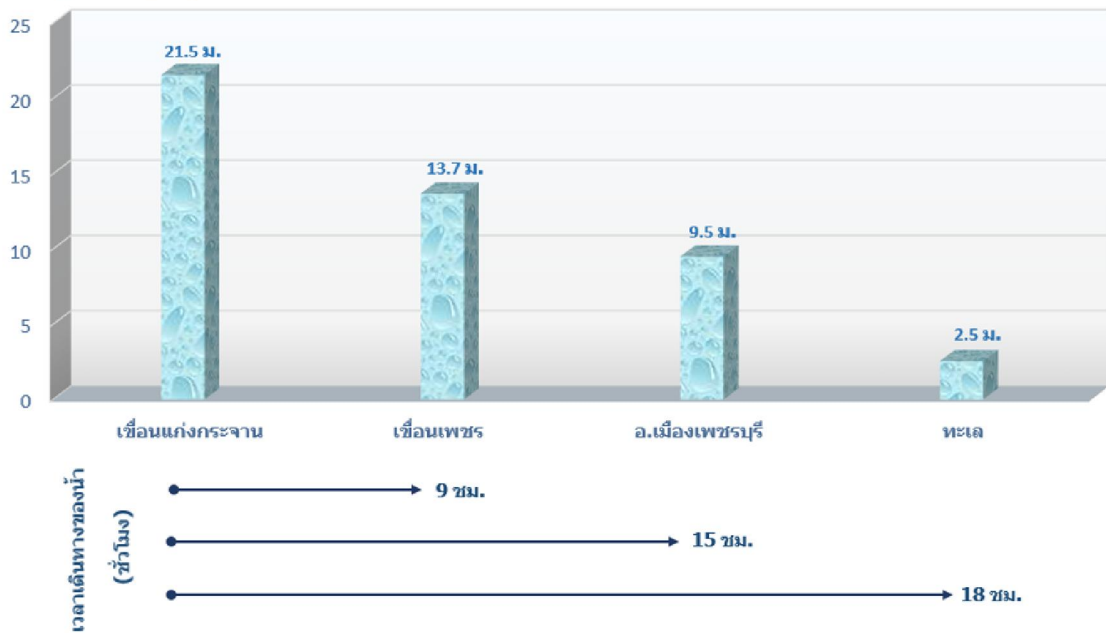


รูปที่ ง.7.3.3-1 กราฟน้ำหลากจากการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานกรณีน้ำไหลรอดตัวเชื่อม (Piping)

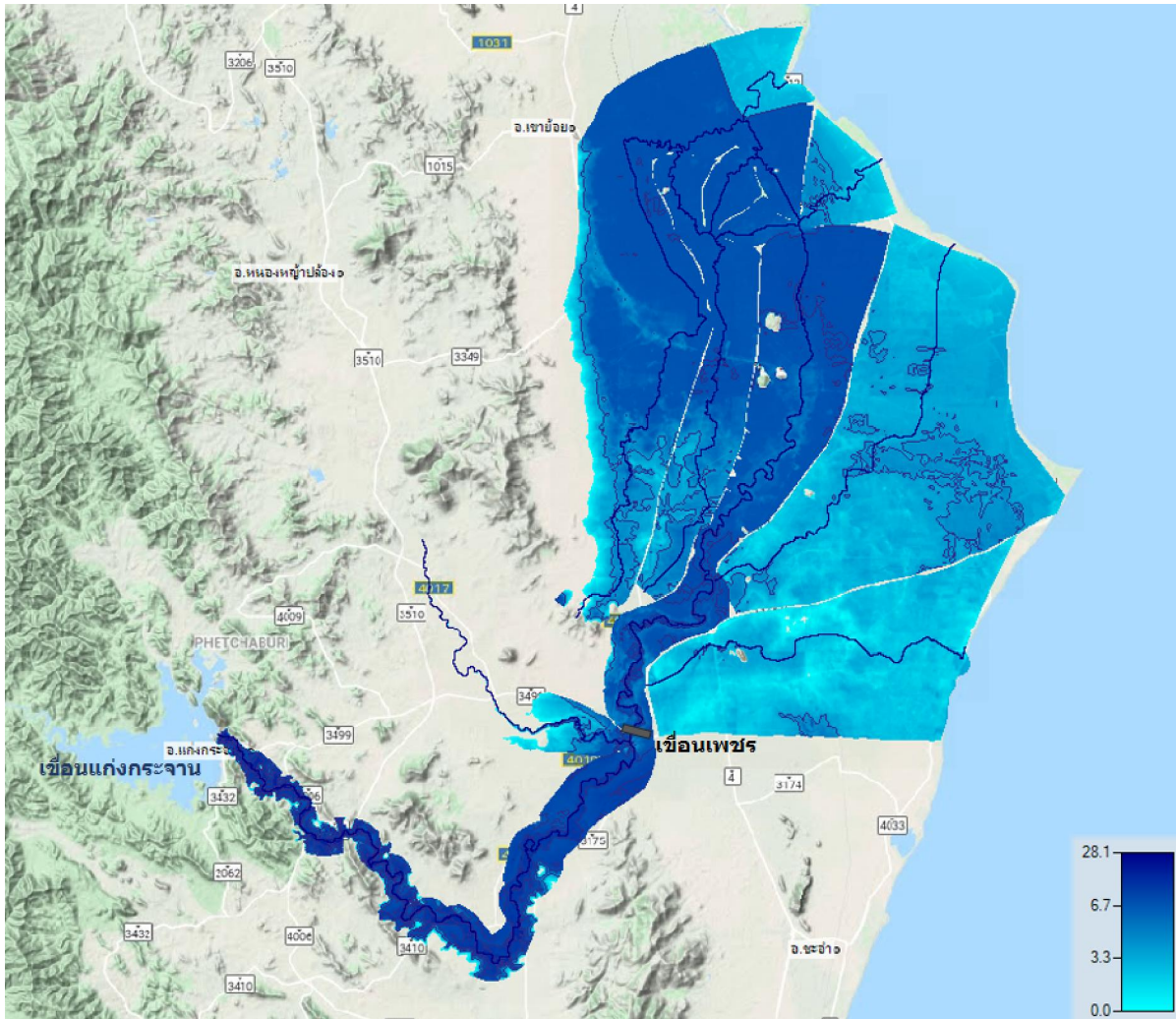


รูปที่ ง.7.3.2-2 รูปตัดตามยาวแสดงระดับน้ำจากการพิบัติกรณีไหลรอดตัวเขื่อน

ระดับน้ำความสูงของน้ำ (เมตร)



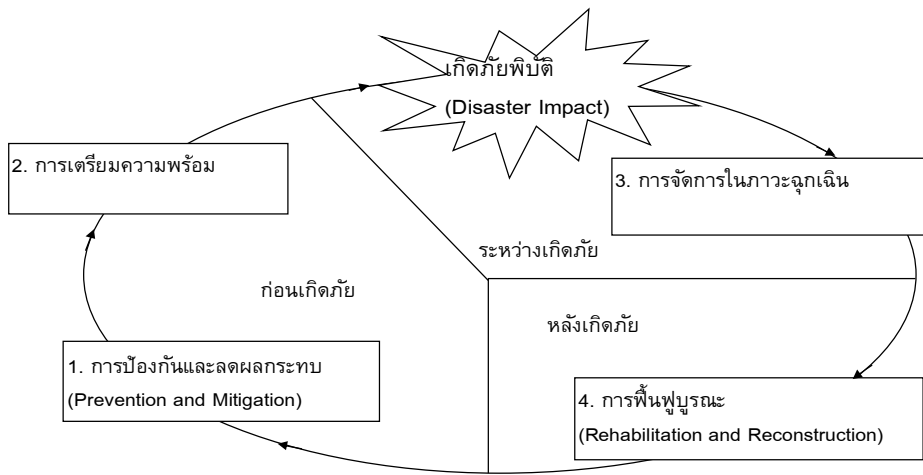
รูปที่ ง.7.3.2-3 ระยะเวลาการเดินทางของปริมาณน้ำจากการพิบัติกรณีไหลรอดตัวเขื่อน



รูปที่ ง.7.3.2-3 แผนที่น้ำท่วมจากการปิดตลิ่งไหลรอดตัวเขื่อน

#### ง.8 แผนเตรียมรับสถานการณ์อุทกภัยฉุกเฉิน

การจัดทำแผนเตรียมรับสถานการณ์อุทกภัยฉุกเฉินที่มีสาเหตุมาจากเขื่อนพิบัติ ทั้งในกรณีก่อนเกิดภัย ในขณะที่เกิดภัย และหลังเกิดภัย จะดำเนินการตามหลักการที่เป็นมาตรฐานการบรรเทาสาธารณภัยและนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการปฏิบัติของแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะครอบคลุมใน 4 ขั้นตอนคือ 1) การป้องกันและลดผลกระทบ (Prevention and Mitigation) 2) การเตรียมความพร้อม (Preparedness) และ 3) การจัดการในภาวะฉุกเฉิน (Emergency Response) และ 4) การจัดทำแผนฟื้นฟูภายหลังน้ำลดและการบูรณะ (Rehabilitation and Reconstruction) ดังแสดงวัฏจักรของการเกิดภัยพิบัติได้ดังรูปที่ ง.8-1



รูปที่ ง.8-1 วัฏจักรของภัยพิบัติ (Disaster Cycle)

### ง.8.1 การกำหนดระดับของสถานการณ์

การกำหนดระดับของสถานการณ์จะทำให้การแจ้งเตือนพร้อม การแจ้งเตือนภัย และการปฏิบัติการในแต่ละระดับขั้นของสถานการณ์เป็นไปอย่างมีระบบและแบบแผน แต่ละหน่วยปฏิบัติรับรู้หน้าที่ความรับผิดชอบที่จะต้องดำเนินการตามขั้นตอนการปฏิบัติตามแผนเตรียมความพร้อม โดยมีการกำหนดระดับของแต่ละสถานการณ์ฉุกเฉินจากการพิบัติของเขื่อนแบ่งเป็น 3 ระดับ ตามระดับความรุนแรงของสถานการณ์และความเร่งด่วน ดังนี้

**สถานการณ์ระดับ 1** สถานการณ์ยังไม่ฉุกเฉิน เกิดเหตุการณ์ผิดปกติ และสถานการณ์เริ่มพัฒนาไปอย่างช้าๆ

แนวทางการปฏิบัติ: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแก่งกระจาน ได้รับการแจ้งให้ทราบหรือตรวจพบเหตุการณ์ผิดปกติ โดยในขั้นตอนนี้ยังไม่มีผลกระทบหรือเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินการของเขื่อนหรือความมั่นคงทางโครงสร้างเขื่อน แต่หากว่าสถานการณ์มีการพัฒนาต่อไปก็จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ การแจ้งในขั้นตอนนี้เป็นการรายงานให้ทราบและเตรียมความพร้อม

**สถานการณ์ระดับ 2** เขื่อนมีโอกาสเกิดการพิบัติหรืออาจจำเป็นต้องระบายน้ำออกจากเขื่อนในปริมาณมาก สถานการณ์พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว

แนวทางการปฏิบัติ: ขั้นตอนนี้ยังคงไม่ใช่สถานการณ์ฉุกเฉินที่เขื่อนจะพิบัติทันที แต่สถานการณ์พัฒนาไปอย่างรวดเร็วและอาจนำไปสู่การพิบัติของเขื่อนหรือการเร่งระบายน้ำออกจากเขื่อนในปริมาณมากในที่สุด ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวจะทำให้เกิดน้ำหลากท่วมพื้นที่ด้านท้ายน้ำอย่างรวดเร็ว ในขั้นตอนนี้ยังคงมีเวลาสำหรับการวิเคราะห์เพิ่มเติม รวมถึงการตัดสินใจปฏิบัติการเพื่อแก้ไขสถานการณ์ เช่น การซ่อมแซมเขื่อน เป็นต้น ในกรณีที่สถานการณ์ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นจนอาจมีผลกระทบต่อพื้นที่ด้านท้ายน้ำ เช่น เกิดน้ำท่วม

พื้นที่ริมน้ำ โครงการชลประทานจะต้องเริ่มการแจ้งเตือนพร้อมและแจ้งเตือนภัยพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง โดยผ่านทางกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในเขตพื้นที่

**สถานการณ์ระดับ 3** สถานการณ์ฉุกเฉิน เชื้อนกำลังจะพิบัติ หรือพิบัติแล้ว หรือมีการเร่งระบายน้ำออกจากเขื่อนในปริมาณมาก

แนวทางการปฏิบัติ: เป็นสถานการณ์วิกฤตไม่สามารถป้องกันไม่ให้เขื่อนพิบัติได้แล้ว จำเป็นต้องแจ้งเตือนภัยและดำเนินการอพยพประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยทันที

ทั้งนี้ ในเหตุการณ์ภัยพิบัติระดับของสถานการณ์ตามที่กล่าวข้างต้น อาจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหรือข้ามระดับขั้นของสถานการณ์ได้ ซึ่งหน่วยงานปฏิบัติจะต้องปรับแผนการดำเนินการให้เหมาะสม

### ง.8.2 ขั้นตอนการปฏิบัติตามแผนเตรียมความพร้อมสถานการณ์ฉุกเฉิน

แผนเตรียมความพร้อมสถานการณ์ฉุกเฉินกรณีการพิบัติของเขื่อน กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับแต่ละระดับสถานการณ์ไว้ 5 ขั้นตอน ได้แก่

**ขั้นตอนที่ 1** การตรวจพบเหตุการณ์ผิดปกติ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแก่งกระจาน ได้รับการแจ้งให้ทราบหรือตรวจพบเหตุการณ์ผิดปกติ

**ขั้นตอนที่ 2** การกำหนดระดับความรุนแรงของสถานการณ์ ผู้อำนวยการโครงการชลประทานฯ กำหนดระดับความรุนแรงของสถานการณ์ (ระดับ 1–3) จากข้อมูลที่ได้รับการแจ้งเตือนและผลการตรวจสอบเขื่อน

**ขั้นตอนที่ 3** การแจ้งเตือนภัยและการติดต่อสื่อสาร เจ้าหน้าที่ของแต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทำการแจ้งเตือนพร้อมและแจ้งเตือนภัยตามแผนการแจ้งเตือนภัยในระดับสถานการณ์ต่างๆ ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด

**ขั้นตอนที่ 4** การปฏิบัติการ การปฏิบัติงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อการเฝ้าระวัง/ติดตามสถานการณ์ ซ่อมแซมเขื่อนเพื่อมิให้เกิดการพิบัติ และการปฏิบัติการแจ้งเตือนภัย อพยพและให้การช่วยเหลือประชาชน ตามระดับสถานการณ์

**ขั้นตอนที่ 5** การประกาศยุติสถานการณ์และการติดตามผล การประกาศยุติสถานการณ์โดยผู้รับผิดชอบเมื่อเหตุการณ์ฉุกเฉินคลี่คลาย การปฏิบัติการตามแผนเตรียมความพร้อมแล้วเสร็จ และดำเนินการให้มีการรายงานสรุปสถานการณ์ทั้งหมดและประเมินผลการปฏิบัติงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแผนเตรียมความพร้อมและมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

### ง.8.3 แนวทางการปฏิบัติในการเตรียมความพร้อมรับมือสถานการณ์ฉุกเฉิน

จากรายงานแผนเผชิญเหตุอุทกภัย และดินถล่ม จังหวัดเพชรบุรี ปี 2562 กำหนดให้กองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดเพชรบุรี (กอปภ.จ.พบ.) ดำเนินการตามแนวทางที่กองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ (บกกภ.ช.) กำหนด โดยให้ผู้อำนาจการจังหวัดบัญชาการเหตุการณ์เพื่อควบคุมแก้ไขปัญหา ระดมสรรพกำลัง การประสานงาน การสั่งการ วางแผน แบ่งมอบภารกิจและหน้าที่ความรับผิดชอบของหน่วยงานต่างๆ และกำหนดมาตรการแนวทางในการแก้ไขปัญหาอุทกภัยและดินถล่มของจังหวัดให้มีความกระชับและชัดเจน สั่งการ อำนาจการ ประสานงานและสนับสนุนการปฏิบัติของกองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และการช่วยเหลือผู้ประสบภัยในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี ตลอดจนการสนับสนุนการปฏิบัติของกองอำนาจการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดใกล้เคียงเมื่อได้รับการร้องขอ โดยได้กำหนดนโยบายและแนวทางให้ส่วนราชการที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย/อำเภอ/องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เตรียมพร้อมในการป้องกันและบรรเทาภัย และให้การช่วยเหลือประชาชนผู้ประสบภัยในพื้นที่จังหวัด

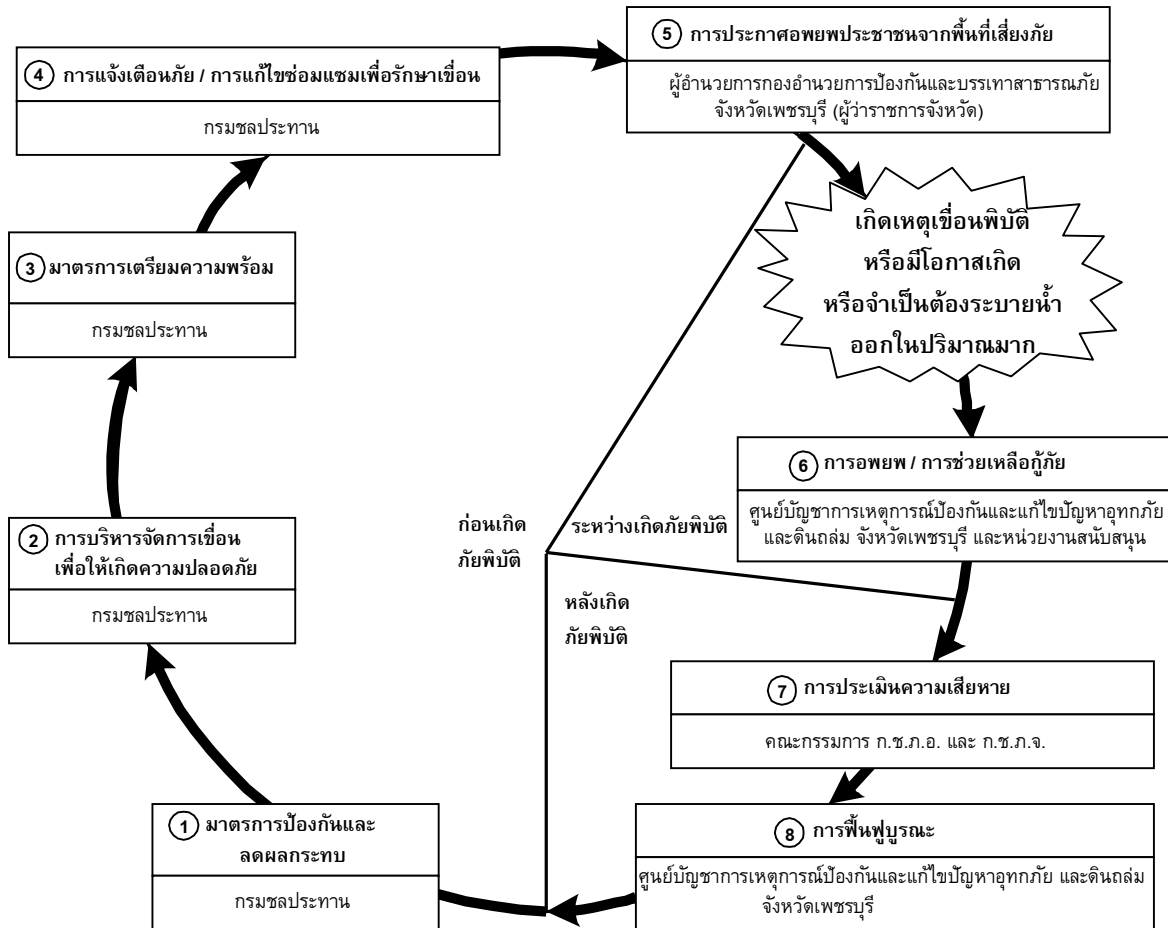
#### ง.8.3.1 แนวทางการปฏิบัติ

ภารกิจหลักที่จะต้องดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรการเกิดภัยพิบัติในกรณีเกิดการพิบัติของเขื่อน ตั้งแต่ก่อนเกิดภัยพิบัติไปจนถึงหลังเกิดภัยพิบัติ มี 8 ภารกิจ ดังนี้

- 1) การป้องกันและลดผลกระทบ ได้แก่ การออกแบบและปรับปรุงเขื่อนให้มีความปลอดภัย
- 2) การบริหารจัดการเขื่อนให้เกิดความปลอดภัย ได้แก่ การดำเนินการบริหารจัดการและบำรุงรักษาเขื่อนให้มีความปลอดภัย เป็นมาตรการที่ปฏิบัติเป็นประจำตามขั้นตอนที่กำหนด ประกอบด้วย การซ่อมบำรุง การตรวจสอบสภาพเขื่อน การบริหารจัดการน้ำ
- 3) การเตรียมความพร้อม เป็นการปฏิบัติงานเมื่อพบเหตุการณ์ไม่ปกติจะต้องมีการเฝ้าระวังติดตามสถานการณ์ บริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำอย่างเหมาะสม ตลอดจนแจ้งเตรียมพร้อม
- 4) การแจ้งเตรียมพร้อม การแก้ไขซ่อมแซมเขื่อน และการแจ้งเตือนภัย เป็นการปฏิบัติงานเมื่อสถานการณ์มีความรุนแรงขึ้นจนถึงขั้นเกิดภัยพิบัติ
- 5) การประกาศอพยพประชาชนจากพื้นที่เสี่ยงภัย
- 6) การอพยพและการช่วยเหลือกู้ภัย เป็นการปฏิบัติงานแจ้งให้อพยพออกจากพื้นที่เสี่ยง ดำเนินการอพยพและให้ความช่วยเหลือประชาชนในการอพยพไปยังพื้นที่อพยพที่กำหนด ดูแลประชาชนในพื้นที่อพยพ และการช่วยเหลือบรรเทาสาธารณภัย ตลอดจนทำการซ่อมแซมระบบสาธารณูปโภคสำคัญที่ได้รับความเสียหายให้ใช้งานได้ในเบื้องต้น
- 7) การประเมินความเสียหาย เพื่อประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นในด้านต่างๆเพื่อดำเนินการช่วยเหลือต่อไป

8) การฟื้นฟูบูรณะ เป็นการฟื้นฟูพื้นที่ที่ได้รับความเสียหาย

สรุปหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบปฏิบัติงานด้านต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรการเกิดภัยพิบัติไว้ในรูปที่ ง.8.3.1-1



รูปที่ ง.8.3.1-1 แสดงหน่วยงานที่รับผิดชอบปฏิบัติงานในขั้นตอนต่างๆ

### ง.8.3.2 การเตรียมความพร้อม

1) จังหวัด อำเภอกอง อังค์กรมปกครองส่วนท้องถิ่น ส่วนราชการที่มีหน้าที่รับผิดชอบเส้นทาง คมนาคม จัดทำแผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาคอขวด และดินโคลนถล่มในแต่ละระดับ

2) เตรียมการจัดตั้งศูนย์บัญชาการเหตุการณ์ป้องกันและแก้ไขปัญหาคอขวด และดินโคลนถล่ม จังหวัด เพชรบุรี ประกอบด้วย ฝ่ายอำนาจการ และฝ่ายปฏิบัติการ การแบ่งมอบหน้าที่รับผิดชอบเมื่อเกิดภัยขึ้น หน่วยงานสนับสนุน พร้อมปฏิบัติหน้าที่ช่วยเหลือผู้ประสบภัยทันทีเมื่อเกิดภัย

3) จัดเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบปฏิบัติหน้าที่ในการเฝ้าระวังและติดตามสถานการณ์อย่างใกล้ชิด ตลอด 24 ชั่วโมง โดยเฉพาะวันหยุดราชการ ในระดับจังหวัดมอบสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัด เป็นหลัก และที่ทำการปกครองจังหวัด ฝ่ายความมั่นคงจัดอาสาสมัครประจำห้องสื่อสารอีก 1 ชุด ส่วนในระดับ อำเภอ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมอบหมายเจ้าหน้าที่และอาสาสมัครในการเฝ้าระวังเหตุ โดยเฉพาะ พื้นที่ เสี่ยงภัย และสรุปรายงานเหตุการณ์ให้ผู้บังคับบัญชาทราบทุกวัน

4) รวบรวมและจัดทำข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยเกี่ยวกับอุทกภัยและดินถล่มในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี ข้อมูล จำนวนราษฎร คริวเรือนในพื้นที่เสี่ยงภัย พื้นที่ปลอดภัยในการรองรับ การอพยพ เส้นทางอพยพ การซักซ้อม การอพยพประชาชน

5) จัดเตรียมเจ้าหน้าที่ส่วนราชการต่าง ๆ อาสาสมัครป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน เจ้าหน้าที่มูลนิธิ เพื่อ จัดตั้งเป็นหน่วยกู้ภัย สนับสนุนการปฏิบัติของอำเภอ เทศบาล และองค์การบริหารส่วนตำบลเมื่อได้รับการ ร้องขอ

6) สำรวจ ตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย โดยเฉพาะเรือ ท้องแบน รถยนต์บรรทุก เครื่องจักรกล โดยแยกแต่ละประเภทแต่ละหน่วยงาน เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ วิธีการ ติดต่อสื่อสาร ทั้งในเวลาราชการและในวันหยุดราชการ ทั้งนี้ให้ตรวจสอบเครื่องมือเครื่องใช้ให้อยู่ในสภาพที่ ใช้งาน ได้ตลอดเวลา

7) การจัดระบบการแจ้งเตือนภัย ในการติดตามข่าวสถานการณ์ข่าวสารการพยากรณ์อากาศ แจ้ง เตือนต่าง ๆ เกี่ยวกับสภาพอากาศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจและเตรียมรับสถานการณ์อุทกภัย วาตภัย โดยมีแหล่งที่มาของข้อมูล ดังนี้

- ประกาศแจ้งเตือนเกี่ยวกับลักษณะอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมป้องกันและ บรรเทา สาธารณภัย

- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก

- เว็บไซต์ในการตรวจสอบสภาพอากาศและการเคลื่อนตัวของพายุ <http://www.tmd.go.th>

และ <http://www.phetchaburi.go.th>

- การติดตามข่าวลักษณะอากาศของสถานีโทรทัศน์ และสถานีวิทยุกระจายเสียงในพื้นที่

- การรายงานและเฝ้าระวังเหตุของอาสาสมัครในพื้นที่เสี่ยงภัย

8) มอบหมายให้หน่วยงานการปกครองส่วนท้องถิ่น ได้แก่ องค์การบริหารส่วนจังหวัด เทศบาล เมืองเพชรบุรี เทศบาลเมืองชะอำ เทศบาลตำบล และองค์การบริหารส่วนตำบล ทุกแห่ง สำนักงานป้องกัน และ บรรเทาสาธารณภัยจังหวัด สำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ในการสำรองอาหาร เครื่องดื่ม ยารักษาโรค เครื่องยังชีพ ตลอดจน ของใช้ที่จำเป็นอย่างน้อย 3 - 7 วัน และเตรียมการจัดตั้งศูนย์รับบริจาคเงินและสิ่งของ ช่วยเหลือ ผู้ประสบภัยกรณีเกิดสาธารณภัย ขนาดใหญ่และรุนแรง ซึ่งจำเป็นต้องระดมความร่วมมือจากทุก ฝ่าย

9) การแบ่งมอบหน้าที่ความรับผิดชอบ ให้ส่วนราชการประจำจังหวัด หน่วยงานปกครองท้องถิ่น หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ส่วนราชการที่ได้รับมอบหมาย จะต้องประชุมชี้แจงและมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบ ให้ชัดเจนสามารถปฏิบัติได้ทันทีเมื่อเกิดภัย

10) การจัดระบบสื่อสารหลัก/สื่อสารสำรอง การประสานและเชื่อมโยงระบบการติดต่อสื่อสาร ระหว่าง หน่วยงานภายในจังหวัด และทดสอบเครื่องมือสื่อสารของจังหวัดเพชรบุรี ให้ใช้งานได้ตลอดเวลา

11) ให้รายงานสถานการณ์โดยกำหนดให้อำเภอ/องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รายงาน สถานการณ์ ก่อนเกิดอุทกภัย ปริมาณน้ำฝน การเตรียมการให้ความช่วยเหลือ การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น สภาพ เส้นทางคมนาคมและระบบสื่อสารให้กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดจะได้สรุปรายงานให้ ผู้ว่าราชการจังหวัดเพชรบุรีในฐานะผู้อำนวยการจังหวัดทราบทุกวัน

### ง.8.3.3 การบริหารจัดการ

1) จัดตั้งศูนย์บัญชาการเหตุการณ์ป้องกันและแก้ไขปัญหาอุทกภัย และดินถล่ม จังหวัดเพชรบุรี โดยให้มีโครงสร้างอำนาจหน้าที่และ ผู้รับผิดชอบตามโครงสร้างพร้อมทั้งแต่งตั้งเจ้าหน้าที่รับผิดชอบชัดเจน เป็น ปัจจุบันตั้งแต่ในภาวะปกติและพร้อมปฏิบัติงานได้ทันทีที่มีการยกระดับความรุนแรงของภัยเป็นระดับ 3 - 4 เพื่อรองรับการบัญชาการเหตุการณ์จากกองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ (บก.ปภ.ช.)

2) ให้ศูนย์บัญชาการเหตุการณ์ป้องกันและแก้ไขปัญหาอุทกภัย และดินถล่ม รับผิดชอบ การบัญชาการณีกองอำนวยการควบคุม ปฏิบัติงานและประสานการปฏิบัติเกี่ยวกับการดำเนินการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พร้อมทั้งเป็นศูนย์กลาง ในการระดมสรรพกำลังและทรัพยากรเพื่อบริหารจัดการสาธารณภัย ระหว่าง หน่วยงานต่างๆ ทั้งฝ่ายพลเรือนและฝ่ายทหาร ตลอดจนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และองค์กร การกุศล

3) เจ้าหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย (สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดเพชรบุรี) ในการ เฝ้าระวังเหตุและติดตามสถานการณ์สรุปสถานการณ์อุทกภัย ประมวลผลการพยากรณ์อากาศ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ระดับขึ้น - ลงของน้ำทะเล รวบรวมรายงานของอำเภอเพื่อวิเคราะห์การเกิดอุทกภัยและการ เกิดวาตภัยและดินโคลนถล่มในพื้นที่ รายงานผู้ว่าราชการจังหวัดทราบและพิจารณาประกาศแจ้งเตือนภัย ผ่าน สถานีวิทยุกระจาย เสียงทุกสถานีแจ้งอำเภอ เทศบาล และ อบต. ที่เกี่ยวข้องทราบ เพื่อเตรียมรับ สถานการณ์ ต่อไป

4) ขณะที่สถานการณ์อุทกภัยน้ำป่าไหลหลากกัดเซาะคอสะพานขาด น้ำท่วมฉับพลันในระดัสูงที่ไม่สามารถมองเห็นพื้นที่ผิวจราจรได้ ผู้ว่าราชการจังหวัดสั่งการกำชับแขวงทางหลวง แขวงทางหลวงชนบท และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ติดป้ายเตือน/วางแผงปิดกั้นช่องทางจราจร เพื่อให้ประชาชนผู้ใช้ เส้นทางถนนสายดังกล่าวได้ทราบ พร้อมกับจัดเจ้าหน้าที่ตำรวจหรืออาสาสมัครป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน (อปพร.) ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกการจราจรในจุดอันตรายดังกล่าว

5) กรณีมีผู้สูญหายจากอุทกภัย และดินโคลนถล่มที่เกิดขึ้นให้จัดชุดเคลื่อนที่เร็ว โดยสนธิกำลังจากทุกภาคส่วนทั้งหน่วยทหาร ตำรวจ ศูนย์ปภ.เขตพื้นที่ อาสาสมัครฯ เข้าไปกู้ภัย ค้นหา ผู้สูญหาย และติดค้างในพื้นที่ประสบภัยให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยโดยด่วน

6) ขณะที่เกิดภัย ให้จังหวัด อำเภอ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ร่วมกับมูลนิธิ ภาคเอกชน จัดอาหาร ประชุมสำเร็จพร้อมบริโภคน้ำดื่ม เครื่องยังชีพที่จำเป็นให้แก่ราษฎรในพื้นที่ประสบภัยให้ทั่วถึงและเพียงพอรวมทั้งจัดหาที่พักอาศัยชั่วคราวให้แก่ประชาชนที่บ้านเรือนเสียหาย และช่วยเหลือดูแลผู้ประสบภัยทั้งทางด้านอาหาร น้ำดื่ม เครื่องนอน เครื่องนุ่งห่ม เวชภัณฑ์และยารักษาโรค โดยใช้จ่ายเงินตรงราชการของจังหวัด (งบ 20 ล้านบาท) หรือจากงบฉุกเฉินขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นแล้วแต่กรณี ทั้งนี้ให้ถือเป็นนโยบายเร่งด่วนที่จะต้องดูแลช่วยเหลือประชาชนผู้ประสบภัยเป็นลำดับแรก

7) จัดทำแผนที่สถานการณ์เพื่อสรุปสถานการณ์อุทกภัย พื้นที่เกิดภัย สรุปความเสียหายที่เกิดขึ้น การเตรียมระดมให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนการดำรงชีพ การติดต่อสื่อสาร การประสานการปฏิบัติกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

8) จัดตั้งศูนย์บัญชาการเหตุการณ์ป้องกันและแก้ไขปัญหามหาอุทกภัย และดินถล่ม จังหวัดขึ้น ณ สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดเพชรบุรี โดยมอบหมายให้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานประจำศูนย์ตลอด 24 ชั่วโมง กรณีสถานการณ์มีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ให้ส่วนราชการที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือผู้ประสบภัยโดยตรง และแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเส้นทางคมนาคม จัดเจ้าหน้าที่ 1 คนปฏิบัติงานประจำศูนย์ฯ เพื่อประสานงาน

ทั้งนี้ศูนย์บัญชาการเหตุการณ์ป้องกันและแก้ไขปัญหามหาอุทกภัย และดินถล่ม จังหวัดเพชรบุรี เป็นหน่วยงานหลักในการรับแจ้งเหตุอำนวยความสะดวก ประสานงาน และเสนอให้ผู้ว่าราชการจังหวัดในฐานะผู้อำนวยการจังหวัด พิจารณาสั่งการในการแก้ไขปัญหาจนกว่าสถานการณ์จะเข้าสู่ภาวะปกติ

9) พื้นที่วิกฤติที่ไม่สามารถเดินทางเข้าไปในพื้นที่ประสบภัยทางรถยนต์ได้ประสานขอรับการสนับสนุนเฮลิคอปเตอร์จากหน่วยงานทหารหรือตำรวจในพื้นที่หรือพื้นที่ใกล้เคียงสำหรับเดินทางเข้าไปในพื้นที่วิกฤติเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยโดยด่วน

10) หน่วยกู้ภัยซึ่งได้จัดเตรียมชุดปฏิบัติการไว้ ประกอบด้วย มณฑลทหารบกที่ 15 หน่วยพัฒนาการเคลื่อนที่ 13 กองบังคับการตำรวจภูธรจังหวัดเพชรบุรี กองร้อยอาสาสมัครรักษาดินแดนจังหวัดเพชรบุรี องค์การบริหารส่วนจังหวัด เทศบาลเมืองเพชรบุรี เทศบาลเมืองชะอำ เทศบาลตำบลทุกแห่ง องค์การบริหารส่วนตำบลทุกแห่ง สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดเพชรบุรี มูลนิธิสว่างธรรมสถานหน่วยศิรินทร์ กู้ภัยทางหลวง อปพร. และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เตรียมพร้อม ณ ที่ตั้งตลอด 24 ชั่วโมง และพร้อมปฏิบัติหน้าที่ทันทีเมื่อได้รับคำสั่ง

11) มอบหมายให้สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดเพชรบุรี องค์การบริหารส่วนจังหวัด สำนักงานเหล่ากาชาดจังหวัด ภาคเอกชน มูลนิธิในการจัดหาเครื่องอุปโภค บริโภค ยารักษาโรค

สำรอง เครื่องใช้ที่จำเป็นให้เพียงพอแก่การให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัย ในระยะ 3-7 วัน กรณีที่มีราษฎร ผู้ประสบภัยจำนวนมากอาจพิจารณาจัดตั้งศูนย์รับบริจาคเงินและสิ่งของช่วยเหลือผู้ประสบภัย เพื่อระดม ความช่วยเหลือจากจังหวัดใกล้เคียงและหน่วยเหนือ ภาคเอกชนองค์กรการกุศลต่าง ๆ

12) มอบหมายให้สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพชรบุรี และโรงพยาบาลพระจอมเกล้าจังหวัด เพชรบุรี รับผิดชอบเกี่ยวกับการสำรองยาและเวชภัณฑ์การแจกจ่ายยาและให้คำแนะนำการปฏิบัติเกี่ยวกับการ ใช้ชีวิตระหว่างเกิดอุทกภัย

13) มอบหมายให้กองบังคับการตำรวจภูธรจังหวัดเพชรบุรี มณฑลทหารบกที่ 15 แขวงทางหลวง เพชรบุรี แขวงทางหลวงชนบทเพชรบุรี รับผิดชอบเกี่ยวกับการรักษาความสงบเรียบร้อย การจัดระบบจราจร การอำนวยความสะดวกบริเวณจุดเกิดภัย และการป้องกันปราบปรามอาชญากรรมที่อาจจะเกิดขึ้น

14) ศูนย์บัญชาการเหตุการณ์ป้องกันและแก้ไขปัญหาอุทกภัย และดินถล่ม จะต้องสรุปความเสียหาย ที่เกิดขึ้น ได้แก่จำนวนพื้นที่ได้รับความเสียหาย จำนวนผู้ประสบภัย เพื่อได้กำหนดวงรอบในการแจกจ่าย สิ่งของช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งการกำหนดจุดในการเยี่ยมเยียนผู้ประสบภัยของ ผู้บังคับบัญชา เพื่อเป็นการเสริมขวัญและกำลังใจของประชาชนให้กลับคืน สู่สภาพเดิมโดยเร็ว

15) ดำรงการติดต่อสื่อสาร ทั้งระบบวิทยุโทรศัพท์โทรสาร ระหว่างจังหวัดกับอำเภอ/องค์กร ปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยเหนือ ให้สามารถติดต่อสื่อสารได้ตลอด 24 ชั่วโมง รวมทั้งการพิจารณา จัดเตรียม เครื่องปั่นไฟสำรอง สนับสนุนอำเภอ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรณีระบบสาธารณูปโภค ถูกตัด ขาด และได้รับการร้องขอ

16) รายงานสถานการณ์อุทกภัย การให้ความช่วยเหลือ การแก้ไขปัญหา การขอรับการ สนับสนุนให้ ผู้ว่าราชการจังหวัดเพชรบุรี และกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยทราบจนกว่าสถานการณ์จะยุติ

#### ง.8.4 การกำหนดพื้นที่เสี่ยงและจุดอพยพ

##### ง.8.4.1 การกำหนดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย

จากการวิเคราะห์แผนที่น้ำท่วมจากกรณีการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจานจากการล้นข้ามสันเขื่อน โดย มีการพังทลายสิ้นสุดที่ระดับ 99.00 ม.(รทก.) ปริมาณน้ำหลากระบายออกจากอ่างเก็บน้ำเท่ากับ 6,655 ลบ.ม.ต่อวินาที มีพื้นที่ถูกน้ำท่วมทั้งหมด 818 ตร.กม. ระยะเวลาเดินทางของน้ำจากเขื่อนแก่งกระจานถึงตัว เมืองเพชรบุรี ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง สามารถสรุปพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยตามลักษณะต่างๆ ได้ 3 ลักษณะ พื้นที่ รวมทั้งสิ้น 480 หมู่บ้าน 78 ตำบล 8 อำเภอ 1 เทศบาลเมือง สรุปพื้นที่ที่มีความเสี่ยงอุทกภัยในระดับ อำเภอ ตำบล ได้ดังนี้

1) **อำเภอแก่งกระจาน** การเกิดอุทกภัยเป็นในลักษณะน้ำล้นตลิ่งจากแม่น้ำเพชรบุรี ประกอบไปด้วย

ตำบลป่าเต็ง	จำนวน 1 หมู่บ้าน
ตำบลพยุสวรรณ	จำนวน 6 หมู่บ้าน

ตำบลวังจันทร์ จำนวน 7 หมู่บ้าน

ตำบลแก่งกระจาน จำนวน 2 หมู่บ้าน

**2) อำเภอบ้านลาด** การเกิดอุทกภัยเป็นในลักษณะน้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำริมสองฝั่งแม่น้ำเพชรบุรีและพื้นที่เกษตร ประกอบด้วย

ตำบลไร่มะขาม จำนวน 9 หมู่บ้าน

ตำบลหนองกระจุก จำนวน 9 หมู่บ้าน

ตำบลห้วยซ้อง จำนวน 3 หมู่บ้าน

ตำบลหนองกระเจ็ด จำนวน 8 หมู่บ้าน

ตำบลบ้านทาน จำนวน 6 หมู่บ้าน

ตำบลตำหฺร จำนวน 6 หมู่บ้าน

ตำบลห้วยลึก จำนวน 6 หมู่บ้าน

ตำบลไร่โคก จำนวน 6 หมู่บ้าน

ตำบลโรงเข้ จำนวน 5 หมู่บ้าน

ตำบลสะพานไกร จำนวน 3 หมู่บ้าน

ตำบลลาดโพธิ์ จำนวน 4 หมู่บ้าน

ตำบลบ้านหาด จำนวน 5 หมู่บ้าน

ตำบลท่าช้าง จำนวน 3 หมู่บ้าน

ตำบลไร่สะท้อน จำนวน 8 หมู่บ้าน

ตำบลท่าเสน จำนวน 9 หมู่บ้าน

ตำบลบ้านลาด จำนวน 8 หมู่บ้าน

ตำบลถ้ำรงค์ จำนวน 6 หมู่บ้าน

ตำบลสมอพลือ จำนวน 5 หมู่บ้าน

**3) อำเภอท่ายาง** การเกิดอุทกภัยเป็นในลักษณะน้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำริมสองฝั่งแม่น้ำเพชรบุรีและพื้นที่เกษตร ประกอบด้วย

ตำบลเขากระจุก จำนวน 2 หมู่บ้าน

ตำบลกัลดีหลวง จำนวน 5 หมู่บ้าน

ตำบลวังไคร้ จำนวน 10 หมู่บ้าน

ตำบลมาบปลาเค้า จำนวน 11 หมู่บ้าน

ตำบลบ้านในดง จำนวน 6 หมู่บ้าน

ตำบลหนองจอก จำนวน 4 หมู่บ้าน

ตำบลท่าไม้รวก จำนวน 13 หมู่บ้าน

ตำบลท่าแลง จำนวน 10 หมู่บ้าน

ตำบลยางหย่อง	จำนวน 5 หมู่บ้าน
ตำบลหนองจอก	จำนวน 9 หมู่บ้าน
ตำบลท่าคอย	จำนวน 11 หมู่บ้าน
ตำบลท่ายาง	จำนวน 10 หมู่บ้าน
ตำบลปึกเตียน	จำนวน 4 หมู่บ้าน

4) **อำเภอบ้านแหลม** การเกิดอุทกภัยเป็นในลักษณะน้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำริมสองฝั่งแม่น้ำและอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุนสูง ประกอบไปด้วย

ตำบลบางครก	จำนวน 10 หมู่บ้าน
ตำบลท่าแร่	จำนวน 3 หมู่บ้าน

5) **อำเภอชะอำ** การเกิดอุทกภัยเป็นในลักษณะมีฝนตกหนักทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลาก ประกอบไปด้วย

ตำบลหนองศาลา	จำนวน 8 หมู่บ้าน
ตำบลบางเก่า	จำนวน 6 หมู่บ้าน
ตำบลชะอำ	จำนวน 8 หมู่บ้าน
ตำบลเขาใหญ่	จำนวน 11 หมู่บ้าน
ตำบลนายาง	จำนวน 4 หมู่บ้าน
ตำบลดอนขุนห้วย	จำนวน 7 หมู่บ้าน
ตำบลสามพระยา	จำนวน 3 หมู่บ้าน

6) **อำเภอเขาย้อย** การเกิดอุทกภัยเป็นในลักษณะมีฝนตกหนักทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลาก ประกอบไปด้วย

ตำบลเขาย้อย	จำนวน 3 หมู่บ้าน
ตำบลทับคาง	จำนวน 3 หมู่บ้าน
ตำบลสระพัง	จำนวน 2 หมู่บ้าน
ตำบลหนองชุมพลเหนือ	จำนวน 4 หมู่บ้าน
ตำบลห้วยท่าช้าง	จำนวน 6 หมู่บ้าน
ตำบลหนองปรัง	จำนวน 6 หมู่บ้าน
ตำบลบางเค็ม	จำนวน 1 หมู่บ้าน
ตำบลห้วยโรง	จำนวน 1 หมู่บ้าน
ตำบลหนองปลาไหล	จำนวน 3 หมู่บ้าน

7) **อำเภอหนองหญ้าปล้อง** การเกิดอุทกภัยเป็นในลักษณะมีฝนตกหนักทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลาก ประกอบไปด้วย

ตำบลหนองหญ้าปล้อง	จำนวน 11 หมู่บ้าน
-------------------	-------------------

ตำบลยางน้ำก๊อตใต้	จำนวน 7 หมู่บ้าน
ตำบลยางน้ำก๊อตเหนือ	จำนวน 5 หมู่บ้าน
ตำบลท่าตะคร้อ	จำนวน 8 หมู่บ้าน

8) **อำเภอเมืองเพชรบุรี** การเกิดอุทกภัยเป็นในลักษณะน้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำริมสองฝั่งแม่น้ำเพชรบุรีและพื้นที่เกษตร ประกอบไปด้วย

ตำบลหนองพลับ	จำนวน 7 หมู่บ้าน
ตำบลดอนยาง	จำนวน 6 หมู่บ้าน
ตำบลหัวสะพาน	จำนวน 4 หมู่บ้าน
ตำบลวังตะโก	จำนวน 3 หมู่บ้าน
ตำบลต้นมะพร้าว	จำนวน 4 หมู่บ้าน
ตำบลท่าราบ	จำนวน 10 หมู่บ้าน
ตำบลคลองกระแชง	จำนวน 7 หมู่บ้าน
ตำบลบ้านกุ่ม	จำนวน 13 หมู่บ้าน
ตำบลบ้านหม้อ	จำนวน 6 หมู่บ้าน
ตำบลธงชัย	จำนวน 9 หมู่บ้าน
ตำบลต้นมะม่วง	จำนวน 6 หมู่บ้าน
ตำบลหนองโสน	จำนวน 7 หมู่บ้าน
ตำบลช่องสะแก	จำนวน 10 หมู่บ้าน
ตำบลนาพันสาม	จำนวน 9 หมู่บ้าน
ตำบลโพไร่หวาน	จำนวน 8 หมู่บ้าน
ตำบลไร่ส้ม	จำนวน 9 หมู่บ้าน
ตำบลเวียงคอย	จำนวน 3 หมู่บ้าน
ตำบลบางจาก	จำนวน 8 หมู่บ้าน
ตำบลดอนยาง	จำนวน 8 หมู่บ้าน
ตำบลหาดเจ้าสำราญ	จำนวน 3 หมู่บ้าน

9) **เทศบาลเมืองเพชรบุรี** การเกิดอุทกภัยเป็นในลักษณะน้ำล้นตลิ่งจากแม่น้ำเพชรบุรีและอิทธิพลน้ำทะเลหนุนสูงเข้าท่วมบ้านเรือนและอาคารพาณิชย์ รวมถึงเส้นทางคมนาคมสัญจร ประกอบไปด้วย ถนนราชดำริห์ ถนน 18 เมตร ถนนมาตยวงค์ ถนนหน้าวัดใหญ่ ถนนอรุณพงษ์ ถนนดำเนินเกษม ถนนเพชรเกษม ถนนเพชรเกษมบริเวณทางลอดเขาบันไดอิฐ และถนนเพชรเกษมบริเวณหน้าห้างบิ๊กซี

#### ง.8.4.2 การกำหนดจุดอพยพ

พื้นที่อพยพ ได้แก่ สถานที่ที่มีความปลอดภัยนอกเขตพื้นที่น้ำท่วมที่กำหนดให้เป็นพื้นที่รองรับการอพยพชั่วคราวของประชาชนจากพื้นที่เสี่ยงภัยที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบระดับรุนแรงจากเหตุการณ์เขื่อน

พิบัติหรือการระบายน้ำออกจากเขื่อนในปริมาณมาก เช่น พื้นที่ที่มีความลึกลงน้ำท่วมอยู่ในระดับสูง หรือมีความเร็วการไหลของน้ำหลากอยู่ในอัตราสูง เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน จนกว่าสถานการณ์จะคลี่คลายและมีการประกาศยุติสถานการณ์ จึงจะเคลื่อนย้ายกลับ พื้นที่อพยพพื้นที่จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเดินทางไปยังจุดให้ความช่วยเหลือโดยเร่งด่วนในขณะเกิดภัยหรือหลังพิบัติภัยสิ้นสุดลง อีกทั้งเพื่อประกอบการวางแผนการเดินทางเข้าพื้นที่ที่ตลอดจนจัดเตรียมส่งของที่สำคัญสำหรับให้ความช่วยเหลือโดยเร่งด่วนต่อไป

การกำหนดตำแหน่งพื้นที่อพยพพิจารณาจากแผนที่น้ำท่วมกรณีฝนตกหนักและมีการพิบัติของเขื่อนแก่งกระจาน คลื่นน้ำหลากจะใช้เวลาเดินทางประมาณ 24 ชั่วโมง จนถึงตัวเมืองเพชรบุรี ซึ่งมีเวลาเพียงพอในการแจ้งเตือนให้ราษฎรเคลื่อนย้ายทรัพย์สินขึ้นที่สูงและทำการอพยพไปยังจุดที่กำหนดไว้จำนวนทั้งสิ้น 13 จุด และพื้นที่อพยพที่กำหนดขึ้นนี้อาจปรับเปลี่ยนเป็นศูนย์ให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยหลังจากเหตุการณ์ภัยพิบัติสิ้นสุดลง

ลักษณะพื้นที่จากเขื่อนแก่งกระจานถึงตัวเมืองเพชรบุรี สามารถแบ่งโซนในการอพยพได้ 2 โซน ได้แก่ จากเขื่อนแก่งกระจานถึงจุดบรรจบห้วยแม่ประจันต์และเขื่อนเพชร ในโซนนี้จะกำหนดจุดอพยพไว้ทั้งสิ้น 5 จุด ได้แก่ วนอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน วนอุทยานชะอำ วนอุทยานเขานางพันธุรัต ค่ายเพชรโยธิน และวัดโตนดหลวง และโซนอพยพที่ 2 ได้แก่ ตั้งแต่ท้ายเขื่อนเพชรถึงตัวเมืองเพชรบุรี กำหนดจุดไว้ 8 จุด ได้แก่ วัดหนองจอก มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โรงเรียนวัดใหม่ท่าศิริ โรงเรียนพรหมานุสรณ์ ศาลาประชาคมอำเภอบ้านแหลม วัดลักษณาราม วัดหนองหญ้าปล้อง และวัดหนองชุมพล

รายละเอียดตำแหน่งจุดอพยพและแผนที่จุดอพยพเมื่อเกิดเหตุการณ์อุทกภัยในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี แสดงไว้ในตารางที่ ง.8.4.3-1 และรูปที่ ง.8.4.3-1 ตามลำดับ

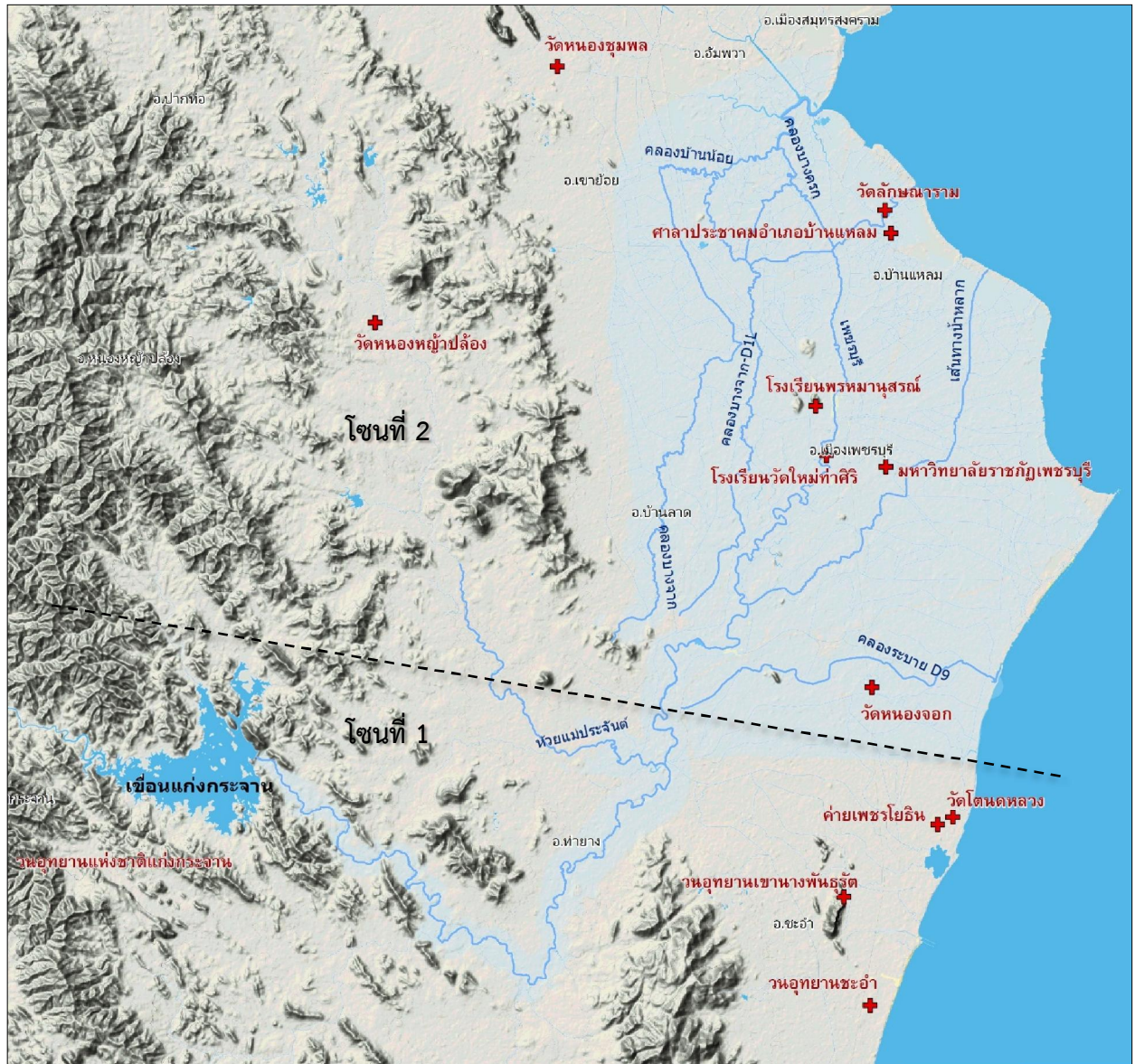
ตารางที่ ง.8.4.3-1 ตำแหน่งจุดอพยพและสถานที่พักพิงชั่วคราวกรณีเหตุการณ์อุทกภัย

อำเภอ	ชื่อสถานที่	ตำบล	รองรับผู้อพยพได้ (คน)	ผู้รับผิดชอบสถานที่		สาธารณูปโภคที่มีอยู่ในปัจจุบัน
				ชื่อ-สกุล /ตำแหน่ง	หมายเลขโทรศัพท์	
อำเภอเมืองเพชรบุรี	1. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	นางุ้ง	500	รศ.ยศ ธีระเดชพงศ์	081-8564394 0-3249-3307	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 50 ห้อง
	2. โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี	คลองกระแซง	500	ผอ.ร.ร.พรหมานุสรณ์	032-427032	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 30 ห้อง
ชะอำ	1. สำนักอำนวยการอาสารักษาดินแดน (ค่ายเพชรโยธิน)	บางเก่า	500	ป้องกันจังหวัดเพชรบุรี	032-402463	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 30 ห้อง

ตารางที่ ง.8.4.3-1 ตำแหน่งจุดอพยพและสถานที่พักพิงชั่วคราวกรณีเหตุการณ์อุทกภัย (ต่อ)

อำเภอ	ชื่อสถานที่	ตำบล	รองรับ ผู้อพยพได้ (คน)	ผู้รับผิดชอบสถานที่		สาธารณูปโภค ที่มีอยู่ในปัจจุบัน
				ชื่อ-สกุล /ตำแหน่ง	หมายเลข โทรศัพท์	
ชะอำ	2. วัดโตนดหลวง	บางเก่า	500	นายกเทศมนตรีตำบลบางเก่า	032-488348	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 20 ห้อง
	3. วนอุทยาน เขานางพันธุรัต	เขาใหญ่	200	หัวหน้าอุทยานเขานางพันธุรัต	032-433661	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 20 ห้อง
	4. วนอุทยานชะอำ	ชะอำ	200	หัวหน้าอุทยานชะอำ	032-433661	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 20 ห้อง
บ้านแหลม	1. วัดลักษณะาราม	บ้าน แหลม	250	หลวงพ่อล้วน บุตรลุย	032-450480	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 15 ห้อง
	2. ศาลาประชาคมอำเภอ บ้านแหลม	บ้าน แหลม	250	นายอำเภอบ้านแหลม	032-481168	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 15 ห้อง
บ้านลาด	โรงเรียนวัดใหม่ท่าศิริ	บ้านลาด	250	ผู้อำนวยการโรงเรียน วัดใหม่ท่าศิริ	032-493670	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 20 ห้อง
เขาย้อย	วัดหนองชุมพล	หนอง ชุมพล	250	เจ้าอาวาสวัดหนองชุมพล	032-562912	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 15 ห้อง
ท่ายาง	วัดหนองจอก	หนอง จอก	250	นายกเทศมนตรี ตำบลหนองจอก	032-786045	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 15 ห้อง
หนองหญ้า ปล้อง	วัดหนองหญ้าปล้อง	หนอง หญ้าปล้อง	250	นายกองค์การบริหาร ส่วนตำบลหนองหญ้าปล้อง	032-494234	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 15 ห้อง
แก่งกระจาน	วนอุทยานแห่งชาติ แก่งกระจาน	แก่ง กระจาน	500	หัวหน้าวนอุทยานแห่งชาติ แก่งกระจาน	032-459293	ไฟฟ้า ประปา ห้องสุขา 25 ห้อง

ที่มา: แผนเผชิญเหตุอุทกภัย และดินถล่ม จังหวัดเพชรบุรี ปี 2562



รูปที่ ๙.8.4.3-1 จุดอพยพน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี

### ๙.8.5 การบรรเทาทุกข์

- 1) การซ่อมแซมบ้านเรือนที่ประสบภัย พิจารณามอบหมายให้ส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มูลนิธิ และอาสาชื้อะ ดำเนินการซ่อมแซมบ้านเรือนที่ได้รับความเสียหาย โดยให้ปฏิบัติตามระเบียบ หลักเกณฑ์ และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
- 2) การแจกจ่ายถุงยังชีพ ให้จังหวัด/อำเภอที่เป็นศูนย์กลาในการช่วยเหลือผู้ประสบภัย และจัดทำแผนการแจกจ่ายถุงยังชีพให้สอดคล้องกับพื้นที่ จำนวนผู้ประสบภัย เพื่อให้การแจกจ่ายเป็นไปอย่างทั่วถึง และเป็นธรรม ป้องกันไม่ให้เกิดความซ้ำซ้อน
- 3) การฟื้นฟูสิ่งสาธารณประโยชน์ ปฏิบัติตามกฎหมาย ระเบียบ และหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง
- 4) ด้านการแพทย์และสาธารณสุข ให้สาธารณสุขจังหวัดเตรียมความพร้อมในการให้ความช่วยเหลือ และดูแลผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบ