



การจัดลำดับความเสี่ยงของเขื่อนในประเทศไทยต่อเหตุการณ์แผ่นดินไหว

Earthquake risk ranking of dams in Thailand

บัญชา คำมา (Buncharee Kumma)¹

สุทธิศักดิ์ สรลัมพ์ (Suttisak Soralump)²

¹นิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมปฐพี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ และหัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ : เขื่อนเป็นโครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรมที่สำคัญ ทำหน้าที่เก็บกักน้ำไว้ใช้ยามขาดแคลน และป้องกันน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก หากเขื่อนเกิดความเสียหาย โดยเฉพาะจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว นอกจากความสูญเสียทางเศรษฐกิจและประชาชนในชาติจะสูญเสียกำลังใจแล้ว ความเชื่อมั่นในความปลอดภัยของเขื่อนต่างๆ ในประเทศอาจลดลง การจัดลำดับความเสี่ยงนี้จึงเป็นแนวทางการสร้างเครื่องมือช่วยตัดสินใจคัดเลือกเขื่อน เมื่อทราบสถานการณ์ความเสี่ยงในเบื้องต้น เพื่อการวางแผนลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุการณ์เริ่มต้นต่างๆ งานวิจัยนี้ได้จัดลำดับความเสี่ยงเฉพาะเขื่อนขนาดใหญ่และกลางที่มีข้อมูลเพียงพอในการวิจัยจำนวน 224 เขื่อน โดยวิธีดัชนีปัจจัยรวม โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับโอกาสเกิดการพิบัติ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความเสียหาย และปัจจัยเกี่ยวกับปริมาณความเสียหาย ล้วนมีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ในเชิงปริมาณ ผลการจัดลำดับพบว่า เขื่อนแม่มาว มีคะแนนความเสี่ยงสูงสุดคือ 37.13 คะแนน และเขื่อนภูมิพล 34.88 คะแนน เขื่อนศรีนครินทร์ 23.25 คะแนน เขื่อนท่าทุ่งนา 21.38 คะแนน และเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล 20.94 คะแนน มีความเสี่ยงรองลงมาตามลำดับ นอกจากนี้ปัจจัยที่กล่าวมา โอกาสเกิดการพิบัติของเขื่อนยังขึ้นอยู่กับ การสำรวจที่ตั้งทางธรณีวิทยา การใช้วัสดุถมเขื่อนและกำหนดวัสดุฐานรากที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด การออกแบบถูกต้องเหมาะสม การก่อสร้างที่ได้มาตรฐาน และการดูแลบำรุงรักษาที่ถูกต้องวิธี

ABSTRACT : Thailand is the agricultural country. The dam is the infrastructure that obligation to reservoir in the drought for supply to villages or agricultural area and flood protection during the rainy season. Many Fatalities appeared such as the losses of economics and life which make some unreliability to the public after earthquake incident. Weighting factor method is the guideline technique to rank 224 dams which have complete information for consideration. All of factors about probability of failure, vulnerability and amount used in assessment. Risk reduction plans to be actions with some dams from this decision methodology. The first five scores of preliminary earthquake risk approximated in according to 37.13 (Mae Mao dam), 34.88 (Bhumibol dam), 23.25 (Sri Nakarind. dam), 21.38 (Tha Thungna dam) and 19.88 (Mae-Ngad Somboonchon dam) However, the dam failure depended on many factors: the geological site surveying, used of materials as same as properties specification, suitable design, the standard of construction and the routine operation inspection and maintenance.

KEYWORDS: Dam safety, Priority ranking, Earthquake, Risk assessment, Weighting factor method



1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม เขื่อนจึงเป็น โครงสร้าง สำคัญ ทำหน้าที่เก็บกักน้ำไว้ใช้ยามขาดแคลน และป้องกันน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก การดูแลบำรุงรักษาเขื่อนจึงเป็นอีกสิ่งหนึ่ง ที่ ละเลยไม่ได้ หากตัวเขื่อนเกิดความเสียหาย ชีวิตของประชากรที่ อาศัยอยู่ด้านท้ายน้ำเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ควรคำนึงถึงเป็นอันดับ แรก นอกเหนือจากความปลอดภัยทางเศรษฐกิจ

เขื่อนในประเทศไทยมีการก่อสร้างมากกว่า 50 ปี โดยเขื่อนที่มี อายุมากที่สุดในข้อมูลงานวิจัยคือเขื่อนห้วยเหหัว ตั้งอยู่ในจังหวัด เลย ก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2493 เขื่อนเป็น โครงสร้างที่ถูก ใช้งานโดยไม่มีการหยุดและมีการเปลี่ยนแปลงสภาพไปตามอายุ เมื่อเขื่อนยังถูกใช้งานอยู่ตลอดเวลา จึงมีความจำเป็นที่ต้องให้ ความสำคัญกับการดูแลรักษาเขื่อนให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ ตามปกติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับงบประมาณและบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ดังนั้นเขื่อนในประเทศไทยจึงควรมีแนวทางใน การจัดลำดับตามความเสี่ยงต่อการพิบัติ เพื่อประโยชน์ในการใช้ งบประมาณในการบำรุงรักษาได้อย่างถูกต้องและนำไปสู่การลด ความเสี่ยงได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

2. กรณีศึกษาการพิบัติของเขื่อน

ปี 1967 เขื่อน Koyana ประเทศอินเดีย เป็นเขื่อนคอนกรีตถ่วง น้ำหนัก (Concrete gravity dam) สูง 103 เมตร ปริมาณเก็บกัก ประมาณ 3100 ล้าน ลูกบาศก์เมตร เกิดการพิบัติเนื่องจาก เหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6.5 ริกเตอร์ ทำให้สันเขื่อนเกิดรอย แฉกในแนวราบขนานกับความยาวเขื่อน (Longitudinal crack) แต่ไม่ส่งผลให้เกิดการกัดเซาะภายใน หลังจากการตรวจสอบสภาพ ความเสียหาย เขื่อนได้รับการซ่อมแซมโดยการอัดฉีดด้วยน้ำปูน และอิพอกซีเรซิน [2]

ปี 1976 เขื่อน Teton มลรัฐไอดาโฮ ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเขื่อนถมแบ่งส่วน (Zoned dam) สูง 90 เมตร ปริมาณเก็บกัก ประมาณ 360 ล้าน ลูกบาศก์เมตร เกิดการพิบัติเนื่องจากรั่วซึม และกัดเซาะภายใน (Seepage and internal erosion) เป็นผลให้ ประชากรเสียชีวิต 14 คน ความเสียหายคิดเป็นมูลค่าทาง เศรษฐกิจประมาณ 1,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ [6]

ปี 2533 เขื่อนมูลบน จ.นครราชสีมา เป็นเขื่อนดินเนื้อเดียว (Homogenous dam) สูง 32 เมตร เกิดการพิบัติเนื่องจากระดับน้ำ สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดรอยรั่ว (Leakage) 2 แห่งที่ลาดท้าย

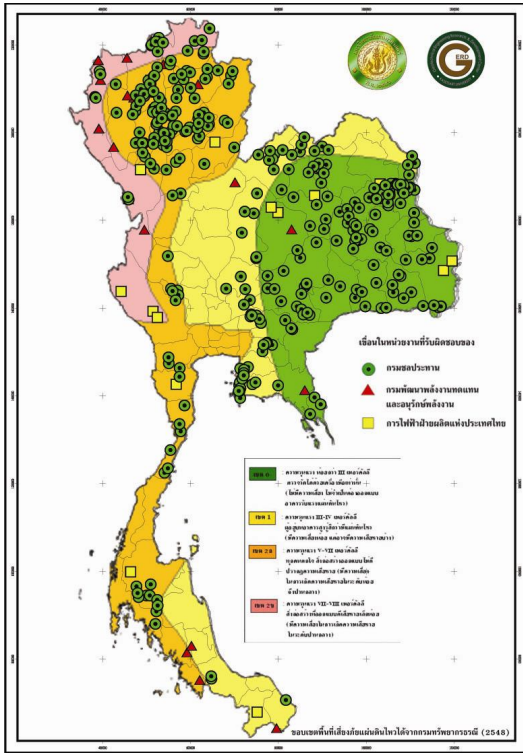
เขื่อน เหตุการณ์ครั้งนี้แก้ปัญหาโดยการอุดรอยรั่วและลดระดับ น้ำในอ่างให้อัตราการรั่วซึมอยู่ในระดับปลอดภัย [6]

3. เขื่อนในประเทศไทย

ปัจจุบันประเทศไทยมีเขื่อนกระจายอยู่ทั่วประเทศกว่า 5,000 เขื่อน ในจำนวนนี้มีเขื่อนขนาดใหญ่และกลางอยู่มากกว่า 400 เขื่อน ซึ่งเป็นเขื่อนที่ให้ความสนใจ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่น่าสนใจ ประกอบการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ ไม่ใช่ข้อมูลเขื่อนขนาดใหญ่และขนาดกลางที่มีทั้งหมด แต่เป็นเขื่อนที่มีข้อมูลครบถ้วน เพียงพอทุกปัจจัยที่พอจะวิเคราะห์ได้ ในที่มีข้อมูลเขื่อนทั้งหมด 224 เขื่อน จาก 3 หน่วยงาน คือ เขื่อนในความรับผิดชอบของกรมชลประทาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย [7]

4. ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของเขื่อนในประเทศไทย

จากเทคนิคการซ้อนทับภาพโดยโปรแกรมทางเทคโนโลยี-สารสนเทศภูมิศาสตร์ ระหว่างแผนที่บริเวณเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2 พ.ศ. 2548 [5] กับข้อมูลตำแหน่งเขื่อน ต่างๆจำนวน 397 เขื่อน พบว่าในเขต 0 หรือเขตที่เคยเกิด แผ่นดินไหวความรุนแรงน้อยกว่า 3 เมอร์คัลลี ครอบคลุมพื้นที่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกเฉียงบางส่วน มีเขื่อน ตั้งอยู่ 149 เขื่อน เขต 1 หรือเขตที่เคยเกิดแผ่นดินไหวความ รุนแรง 3-4 เมอร์คัลลี ครอบคลุมพื้นที่ภาคกลาง บางส่วนของ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกเฉียงมีเขื่อนตั้งอยู่ 67 เขื่อน เขต 2ก หรือเขตที่เคยเกิดแผ่นดินไหวความรุนแรง 5-7 เมอร์คัลลี ครอบคลุมบางส่วนของภาคเหนือ ภาคกลาง ภาค ตะวันตก และภาคใต้ มีเขื่อนตั้งอยู่ 159 เขื่อน และเขต 2ข หรือ เขตที่เคยเกิดแผ่นดินไหวความรุนแรง 7-8 เมอร์คัลลี บริเวณ บางส่วนของภาคเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันตก มีเขื่อนตั้งอยู่ 29 เขื่อน แสดงดังภาพที่ 1 โดยเขื่อนที่อยู่ในเขต 2ข คิดเป็น 7.3% จาก 397 เขื่อน



ภาพที่ 1 ตำแหน่งเขื่อนบนแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย (ขอบเขตพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวได้จากกรมทรัพยากรธรณี, 2548)

5. คำนิยามของ Risk

International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (2005) นิยามว่า ความเสี่ยง (Risk) คือ โอกาสในการสูญเสียจากเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง เช่น ความสูญเสียต่อเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม สิ่งปลูกสร้าง และสังคม โอกาสในการสูญเสียนี้ขึ้นอยู่กับระดับความเสียหาย (Vulnerability) และมูลค่าความเสียหายนั้น (Amount) [1] ในงานวิจัยนี้ให้ความสนใจต่อชีวิตของประชากรที่อาศัยอยู่ด้านท้ายน้ำเป็นสำคัญ ความเสียหายในที่นี้จึงเป็นความเสียหายต่อชีวิต ดังนั้นหากใช้หลักการของการประเมินความเสี่ยง ความเสี่ยงของเขื่อนใดๆ จะมีค่าเท่ากับ ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{ความเสี่ยง (Risk)} = \text{โอกาสเกิดการพิบัติ (Probability of event)} \times \text{ระดับความเสียหาย (Vulnerability)} \times \text{ปริมาณความเสียหาย (Amount)} \quad (1)$$

$$\text{คะแนนความเสี่ยง} = \text{คะแนนจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโอกาสการพิบัติ (F)} \times \text{คะแนนจากปัจจัยด้านความสูญเสีย (N)} \quad (2)$$

โดย $F =$ โอกาสเกิดการพิบัติ (Probability of event)

$N =$ ระดับความเสียหาย (Vulnerability) x ปริมาณความเสียหาย (Amount)

6. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงของเขื่อน

6.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิบัติ (Probability of failure)

6.1.1 เหตุการณ์เริ่มต้น อันตรายนอกภัยพิบัติทางธรรมชาติ โดยเฉพาะแผ่นดินไหวคือการไม่สามารถทำนายเวลา สถานที่และความรุนแรงได้ เขื่อนจะมีความเสี่ยงการพิบัติจากแผ่นดินไหวมากเท่าใดขึ้นอยู่กับประเภทของเขื่อน ลักษณะที่ตั้งได้แก่หลักฐานทางธรณีวิทยาที่บ่งชี้ถึงการเกิดแผ่นดินไหวในอดีต ระยะทางระหว่างเขื่อนกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ความลึกของจุดกำเนิด ความรุนแรงของแผ่นดินไหว และค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแรงแผ่นดินไหวเช่น Peak ground motion และ Acceleration time histories ซึ่งปริมาณความเสียหายขึ้นอยู่กับความสูงและปริมาณเก็บกักของเขื่อนในขณะนั้น นอกจากนี้ลักษณะทางภูมิศาสตร์ก็มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการเพิ่มปริมาณความเสียหายด้านท้ายน้ำ [3]

6.1.2 ชนิดของเขื่อน โอกาสเกิดความเสียหายขึ้นอยู่กับความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของวัสดุถมตัวเขื่อน ตามลักษณะทางธรณีวิทยาบริเวณนั้น วัสดุที่ใช้ก่อสร้างสัมพันธ์กับระดับความสูงที่ต้องการและเป็นไปตามเหตุผลด้านการรับแรง

6.1.3 อายุของเขื่อน บ่งบอกถึงระยะเวลาการใช้งานเขื่อน อาจกล่าวได้ว่า ความแข็งแรงของเขื่อนอาจมีค่าลดลงตามเวลา หากไม่ได้รับการดูแลบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นความเสียหายเล็กน้อยๆ ที่สามารถพบได้ด้วยการตรวจสอบสภาพ (Visual inspection)

6.2 ปัจจัยเกี่ยวกับความสูญเสีย (Vulnerability)

6.2.1 ความสูงของเขื่อน มีความสัมพันธ์กับปริมาณเก็บกักและความสูญเสีย เขื่อนที่สูงย่อมมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมาก ซึ่งหากเกิดการพิบัติ แรงดันน้ำหน้าเขื่อนจะส่งผลกระทบต่อความเร็วในการไหลท่วมท้ายน้ำ

6.2.2 ปริมาณเก็บกัก หากเขื่อนมีความสูงและพื้นที่รับน้ำมาก อีกทั้งภูมิประเทศเอื้อต่อการไหลของน้ำ ปริมาณความสูญเสียด้านท้ายน้ำอาจมีความสัมพันธ์กับปริมาณเก็บกัก ในที่นี้พิจารณาการเก็บกักที่ระดับน้ำปกติ



6.3 ปัจจัยวัดปริมาณความเสียหาย (Amount)

6.3.1 เวลาในการขยายช่องเปิด (Breach formation time) คือ เวลาที่เขื่อนเริ่มถูกกัดเซาะให้เป็นโพรง ทำให้น้ำเริ่มไหลออกจากอ่างเก็บน้ำ โพรงนั้นจึงขยายใหญ่ขึ้นจนน้ำไหลออกได้สะดวกจนขนาดของโพรงไม่ขยายเพิ่มขึ้นอีก เรียกว่า การถูกกัดเซาะอย่างสมบูรณ์ (Fully Breached) Froehlich (1995) ศึกษาเวลาในการพิบัติ (t_f) ในหน่วยชั่วโมง โดยวิเคราะห์จากข้อมูลเขื่อนพิบัติ 63 กรณี และเสนอสมการดังต่อไปนี้ [4]

$$t_f = 0.00254V_w^{0.53} H_b^{-0.19} \quad (3)$$

เมื่อ t_f = เวลาในการพิบัติ (ชั่วโมง)

V_w = ปริมาณน้ำที่เก็บกักไว้ขณะเขื่อนพิบัติ (ลูกบาศก์เมตร)

H_b = ความสูงของน้ำจากระดับท้อง Breach (เมตร)

6.3.2 ระยะทางระหว่างตัวเขื่อนกับแหล่งชุมชนท้ายน้ำ

วัดจากตัวเขื่อนไปตามลำน้ำจนถึงแหล่งชุมชนแรกด้านท้ายน้ำ เป็นระยะทางจริง แสดงตัวอย่างการวัดระยะทางดังกล่าวที่ 2 ซึ่งจะคัดเลือกเฉพาะเขื่อนที่มีแหล่งชุมชนอยู่ใกล้ไม่เกิน 15 กิโลเมตร เนื่องจากสมมติให้ประชากรสามารถอพยพหนีภัยได้ภายใน 30 นาที เมื่อน้ำเดินทางด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

6.3.3 จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบ เป็นจำนวนประชากรบริเวณแหล่งชุมชนแรก ที่มีความเสี่ยงจากน้ำไหลท่วมที่อยู่อาศัยจนถึงขั้นสูญเสียชีวิต ภาพที่ 2 แสดงแนวคิดในการหาจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบในแต่ละหมู่บ้าน



ภาพที่ 2 แผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ท้ายน้ำ แสดงการวิเคราะห์ระยะทางที่น้ำเดินทางถึงหมู่บ้านและแนวทางการหาจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบ

7. หลักการจัดลำดับความเสี่ยง

7.1 วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (Weighting Factor Method)

เป็นการประเมินเชิงสมการทางคณิตศาสตร์บนพื้นฐานของทฤษฎีทางตรรกศาสตร์ เพื่อการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาอิทธิพลของแต่ละปัจจัยจะถูกกำหนดค่าคะแนนน้ำหนักตามลำดับความสำคัญ โดยแต่ละปัจจัยจะมีการกำหนดค่าคะแนนน้ำหนักตามความสำคัญของปัจจัยย่อย มีประโยชน์เมื่อต้องการมองเห็นภาพรวมของสถานการณ์โดยเร็ว ดังสมการต่อไปนี้ [7]

$$S = W_1R_1 + W_2R_2 + W_3R_3 + \dots + W_nR_n \quad (4)$$

เมื่อ S = คะแนนปัจจัยหลัก

W = น้ำหนักของปัจจัยรอง

R = ระดับคะแนนของปัจจัย

สมการดังกล่าวได้นำมาใช้ในการจัดลำดับความเสี่ยงเขื่อนโดยพิจารณาปัจจัยรองต่างๆ โดยแสดงดังตารางที่ 1 และการคำนวณคะแนนความเสี่ยงของแต่ละเขื่อนสามารถดำเนินการได้ดังสมการต่อไปนี้

ตารางที่ 1 การให้คะแนนปัจจัยหลัก

ลำดับ	เขื่อน	ปัจจัยรอง					ผลรวมคะแนนปัจจัยหลัก
		W_1	W_2	W_3	...	W_n	
1	เขื่อนที่ 1	$R_{1,1}$	$R_{1,2}$	$R_{1,3}$		$R_{1,n}$	S_1
2	เขื่อนที่ 2	$R_{2,1}$	$R_{2,2}$	$R_{2,3}$		$R_{2,n}$	S_2
3	เขื่อนที่ 3	$R_{3,1}$	$R_{3,2}$	$R_{3,3}$		$R_{3,n}$	S_3
...							
n	เขื่อนที่ n	$R_{n,1}$	$R_{n,2}$	$R_{n,3}$		$R_{n,n}$	S_n

$$Risk_{eq} = F_{eq} \times N \quad (5)$$

$$F_{eq} = R_{eq} \times [(W_{age} \times R_{age}) + (W_{type} \times R_{type})] \quad (6)$$

$$N = N_{vul} \times N_{amount} \quad (7)$$

$$N_{vul} = [(W_{ht} \times R_{ht}) + (W_{vol} \times R_{vo}) + (W_{dist} \times R_{dis}) + (W_{time} \times R_{time})] \quad (8)$$

$$N_{amount} = R_{pop} \quad (9)$$

โดย $Risk_{eq}$ = ความเสี่ยงต่อการพิบัติจากแรงแผ่นดินไหว



F_{eq} = คะแนนโอกาสเกิดการพิบัติจากแผ่นดินไหว
 N = คะแนนความสูญเสียรวมจากความรุนแรงจาก

การพิบัติและปริมาณความสูญเสีย

N_{vul} = คะแนนความรุนแรงจากการพิบัติ
 N_{amount} = คะแนนปริมาณความสูญเสีย
 W_{age} = น้ำหนักปัจจัยอายุเขื่อน
 W_{type} = น้ำหนักปัจจัยชนิดเขื่อน
 W_{ht} = น้ำหนักปัจจัยความสูงเขื่อน
 W_{vol} = น้ำหนักปัจจัยปริมาณเก็บกัก
 W_{dist} = น้ำหนักปัจจัยระยะทาง
 W_{time} = น้ำหนักปัจจัยเวลาการพิบัติ
 R_{age} = ระดับคะแนนอายุเขื่อน
 R_{type} = ระดับคะแนนชนิดเขื่อน
 R_{ht} = ระดับคะแนนความสูงเขื่อน
 R_{vol} = ระดับคะแนนปริมาณเก็บกัก
 R_{dist} = ระดับคะแนนระยะทาง
 R_{time} = ระดับคะแนนเวลาการพิบัติ
 R_{pop} = ระดับคะแนนจำนวนประชากรในพื้นที่เสี่ยงภัย

จากสมการที่ (6) และ (7) เมื่อให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยโอกาสเกิดการพิบัติจากแผ่นดินไหว (F_{eq}) และปัจจัยด้านความสูญเสีย (N) จะได้

$$F_{eq} = R_{eq} \times [(0.25 \times R_{age}) + (0.75 \times R_{type})] \quad (10)$$

$$N = R_{pop} \times [(0.1667 \times R_{ht}) + (0.25 \times R_{vol}) + (0.375 \times R_{dist}) + (0.2083 \times R_{time})] \quad (11)$$

7.2 ระดับคะแนนของปัจจัย (Rating)

การให้ระดับคะแนนของปัจจัยแทนด้วยตัวเลขเป็นระดับคะแนน โดยกำหนดให้ระดับคะแนนสูงจะส่งผลกระทบต่อโอกาสเกิดหรือผลกระทบจากการพิบัติสูง แสดงดังตารางที่ 2 ถึง ตารางที่ 9

ตารางที่ 2 ระดับคะแนนภัยพิบัติจากแผ่นดินไหว (R_{eq})

ระดับความเสี่ยงภัย	ระดับคะแนน
เสี่ยงภัย ระดับ 0	0
เสี่ยงภัย ระดับ 1	1
เสี่ยงภัย ระดับ 2ก	2
เสี่ยงภัย ระดับ 2ข	3

ตารางที่ 3 ระดับคะแนนปัจจัยชนิดเขื่อน (R_{type})

ชนิดของเขื่อน	ระดับคะแนน
เขื่อนดินถม	2
เขื่อนหินถม	1
เขื่อนคอนกรีต	3

ตารางที่ 4 ระดับคะแนนปัจจัยอายุเขื่อน (R_{age})

อายุของเขื่อน (ปี)	ระดับคะแนน
0 ถึง 5	3
มากกว่า 5 ถึง 35	1
มากกว่า 35	2

ตารางที่ 5 ระดับคะแนนความสูงของเขื่อน (R_{ht})

ช่วงความสูง (เมตร)	ระดับคะแนน
5 ถึง 15 เมตร	1
มากกว่า 15 เมตร และน้อยกว่า 30 เมตร	2
มากกว่า 30 เมตร	3

ตารางที่ 6 ระดับคะแนนปริมาณเก็บกัก (R_{vol})

ปริมาณเก็บกัก (ล้าน ลูกบาศก์เมตร)	ระดับคะแนน
0 ถึง 2	1
มากกว่า 2 ถึง 100	2
มากกว่า 100	3

ตารางที่ 7 ระดับคะแนนระยะทางระหว่างตัวเขื่อนกับแหล่งชุมชนท้ายน้ำ (R_{dist})

ระยะทางระหว่างตัวเขื่อนกับแหล่งชุมชนท้ายน้ำ (กิโลเมตร)	ระดับคะแนน
0.1 ถึง 5	3
มากกว่า 5 ถึง 30	2
มากกว่า 30	1

ตารางที่ 8 ระดับคะแนนปัจจัยเวลาในการขยายช่องเปิด (R_{time})

เวลาในการขยายช่องเปิด (ชั่วโมง)	ระดับคะแนน
0 ถึง 1	3
มากกว่า 1 ถึง 2	2
มากกว่า 2	1

ตารางที่ 9 ระดับคะแนนปัจจัยจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบ (R_{pop})

จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบ (คน)	ระดับคะแนน
0 ถึง 200	1
มากกว่า 200 ถึง 3,600	2
มากกว่า 3,600	3

8. ผลการวิจัย

ผลการจัดลำดับเขื่อนที่มีความเสี่ยงต่อการพิบัติเมื่อเกิดแผ่นดินไหว 30 อันดับแรก แสดงดังตารางที่ 10 โดยโอกาสเกิดการพิบัติจากแผ่นดินไหว (F) มีคะแนนเต็ม 9 คะแนน ความสูญเสีย (N) มีคะแนนเต็ม 9 คะแนน ความเสี่ยงต่อการพิบัติจากแรงแผ่นดินไหว ($Risk_{eq}$) มีคะแนนเต็ม 81 คะแนน โดยเขื่อน 7 ลำดับแรกเป็นเขื่อนขนาดใหญ่ เขื่อน 4 ลำดับแรกตั้งอยู่ในบริเวณเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเขต 2x และเขื่อน 3 ลำดับถัดมาเป็นเขื่อนที่ตั้งอยู่ในบริเวณเขต 2ก ผลคะแนนความเสี่ยงเป็นดังนี้ เขื่อนแม่มาว 37.13 คะแนน เขื่อนภูมิพล 34.88 คะแนน เขื่อนศรีนครินทร์ 23.25 คะแนน เขื่อนท่าทุ่งนา 21.38 คะแนน เขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล 20.94 คะแนน เขื่อนวชิราลงกรณ 19.88 คะแนน และเขื่อนกระเสียว 19.38 คะแนน ตามลำดับ

ตารางที่ 10 เขื่อนที่มีความเสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหว 30 อันดับแรก จาก 224 เขื่อน

ลำดับ	ชื่อเขื่อน	$F^{(1)}$	$N^{(2)}$	$Risk^{(3)}$
1	แม่มาว	4.50	8.25	37.13
2	ภูมิพล	4.50	7.75	34.88
3	ศรีนครินทร์	3.00	7.75	23.25
4	ท่าทุ่งนา	3.00	7.13	21.38
5	แม่งัดสมบูรณ์ชล	2.50	8.38	20.94
6	วชิราลงกรณ	3.00	6.63	19.88
7	กระเสียว	2.50	7.75	19.38
8	ห้วยตะควน	3.75	5.17	19.38
9	ห้วยช้าง	3.75	5.17	19.38
10	ห้วยลึก	3.75	5.17	19.38
11	แม่สอด	3.75	5.17	19.38
12	แม่สะงา	3.75	5.00	18.75
13	ห้วยสัก	3.75	4.83	18.13
14	แม่ปืม	2.50	7.13	17.81
15	ห้วยบอน	3.75	4.67	17.50

ตารางที่ 10 (ต่อ) เขื่อนที่มีความเสี่ยงเบื้องต้น จาก 224 เขื่อน

ลำดับ	ชื่อเขื่อน	$F^{(1)}$	$N^{(2)}$	$Risk^{(3)}$
16	ห้วยม่วง	3.75	4.67	17.50
17	ห้วยดินดำ	3.75	4.67	17.50
18	ห้วยฝายคอก	3.75	4.67	17.50
19	ห้วยแม่ฮ่องสอน	3.75	4.67	17.50
20	ห้วยม่าน	3.75	4.67	17.50
21	ห้วยงู	3.75	4.67	17.50
22	แม่สุนหลวง	3.75	4.67	17.50
23	คลองท่าด่าน	3.00	5.58	16.75
24	ห้วยตากวน	3.75	4.42	16.56
25	แม่มอก	2.50	6.50	16.25
26	แก่งกระจาน	2.00	7.75	15.50
27	กัวลม	3.00	4.83	14.50
28	ห้วยแม่ฝง	3.00	4.75	14.25
29	บ้านคง	2.75	5.17	14.21
30	แม่กวางอุดมธารา	2.50	5.58	13.96

¹ คะแนนโอกาสเกิดการพิบัติจากแผ่นดินไหว (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

² คะแนนความสูญเสีย (คะแนนเต็ม 9 คะแนน)

³ คะแนนความเสี่ยงต่อการพิบัติจากแรงแผ่นดินไหว (คะแนนเต็ม 81 คะแนน)

9. อภิปรายผล

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ ได้วิจัยเฉพาะเขื่อนที่มีข้อมูลครบทุกปัจจัยจำนวน 224 เขื่อน ผลการจัดลำดับที่ได้จึงไม่ใช่ผลของเขื่อนทั้งหมดของประเทศ ซึ่งเมื่อพิจารณาปัจจัยในการวิเคราะห์เพื่อการจัดลำดับความเสี่ยงที่มีแผ่นดินไหวเป็นเหตุการณ์เริ่มต้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิบัติได้แก่ ชนิดและอายุของเขื่อน มีผลต่อคะแนนโอกาสเกิดการพิบัติเนื่องจากเขื่อนที่มีความแข็งแรงมากแต่ไม่ยืดหยุ่น ประกอบกับเป็นเขื่อนที่มีอายุมากอาจมีความเสื่อมสภาพของวัสดุ จะมีคะแนนโอกาสเกิดการพิบัติเนื่องจากตัวเขื่อนสูง เมื่อตั้งอยู่บริเวณเขตเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวระดับ 2x จึงทำให้เขื่อนแม่มาวและเขื่อนภูมิพลซึ่งเป็นเขื่อนคอนกรีต มีคะแนนโอกาสเกิดการพิบัติ 4.5 คะแนน ส่วนปัจจัยเกี่ยวกับความสูญเสีย ได้แก่ ความสูง ปริมาณเก็บกัก เวลาในการขยายช่องเปิด ระยะทางระหว่างตัวเขื่อนกับแหล่งชุมชนท้ายน้ำ และจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบซึ่งเป็นปัจจัยที่มีคะแนนความสำคัญสูงสุด เป็นผลให้เขื่อนที่มีประชากรอาศัยอยู่ด้านท้ายน้ำมากมีคะแนนความสูญเสียสูง อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาคิดเป็นคะแนน



ความเสี่ยงต่อการพิบัติจากแรงแผ่นดินไหว เขื่อนที่มีทั้งคะแนนโอกาสเกิดการพิบัติและคะแนนความสูญเสียสูง ทั้งสองปัจจัยย่อมเป็นเขื่อนที่มีความเสี่ยงต่อการพิบัติมากกว่าเขื่อนอื่นๆ

10. สรุปผลการวิจัย

ประเทศไทยมีเขื่อนตั้งอยู่ทั่วประเทศกว่า 5000 เขื่อน เมื่องบประมาณและบุคลากรในการจัดการด้านเขื่อนมีจำกัด เขื่อนที่มีความสำคัญมากกว่า จึงควรได้รับการดูแลเป็นลำดับต้น โดยวิธีการพิจารณาความสำคัญของเขื่อนมีหลายวิธี วิธีหนึ่งที่น่าเสนอเป็นแนวทางครั้งนี้ เป็นวิธีที่วิเคราะห์ได้ง่าย โดยวิธีดัชนีปัจจัยร่วมร่วมกับการให้ระดับคะแนนของแต่ละปัจจัย ซึ่งให้ความสำคัญกับความเสียหายที่เกิดกับชีวิตของประชาชนเป็นหลัก ดังนั้นจากการวิจัยตามปัจจัยที่กล่าวข้างต้น โดยใช้เหตุการณ์เริ่มต้นที่นำไปสู่ความเสี่ยงต่อชีวิตของประชาชนด้านท้ายน้ำคือ เหตุการณ์แผ่นดินไหว พบว่าเขื่อนที่อยู่ในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเขต 2x เป็นเขื่อนคอนกรีต มีอายุระหว่าง 0 ถึง 5 ปี และมีอายุมากกว่า 35 ปี สูงตั้งแต่ 30 เมตร ประกอบกับมีปริมาณเก็บกักตั้งแต่ 100 ล้าน ลูกบาศก์เมตร มีแหล่งชุมชนท้ายน้ำอยู่ไม่เกิน 5 กิโลเมตร วัดจากสันเขื่อน หากเกิดการพิบัติน้ำจะใช้เวลาเดินทางมาถึงแหล่งชุมชนไม่เกิน 1 ชั่วโมง และชุมชนนั้นมีประชาชนอาศัยอยู่มากกว่า 3600 คนขึ้นไป เป็นเขื่อนที่มีความจำเป็นต้องได้รับงบประมาณ เพื่อการจัดการดูแลบำรุงรักษาเขื่อนให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ตามปกติ นอกจากการลดความเสี่ยงโดยการบำรุงรักษาเขื่อนอย่างสม่ำเสมอแล้ว หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยเขื่อน ควรมีมาตรการในการจัดการความเสี่ยงรูปแบบอื่นเช่น การวางแผนการอพยพประชาชนที่อาศัยอยู่ด้านท้ายน้ำไปยังที่ปลอดภัยอย่างทันเวลา หลังจากที่มีการประกาศเตือนภัย หรือประกาศภาวะฉุกเฉิน เมื่อเขื่อนเกิดความเสียหายระดับรุนแรงและหน่วยงานไม่อาจควบคุมสถานการณ์ไว้ได้

11. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ “การวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงของเขื่อนเพื่อการชลประทานในประเทศไทย” ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจาก สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก (GERD) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้โอกาสในการทำงานวิจัย

12. บรรณานุกรม

- [1] Cees Van Westen., 2005. Introduction to risk assessment. Refresher course on Geo-Information for Natural Disaster Reduction in Eastern Africa, Makerere University.
- [2] Chuck Anderson et al. 1998. Concrete dams case histories of failures and nonfailures with back calculation. US : United States Bureau of Reclamation.
- [3] ICOLD, 1989. Selecting seismic parameters for large dams guidelines. International Commission on Large Dam.
- [4] Tony L. Wahl, 1998. Prediction of Embankment dam breach parameters : A literature review and needs assessment. US : United States Bureau of Reclamation.
- [5] กรมทรัพยากรธรณี, 2548. แผนที่บริเวณเสี่ยงภัยของประเทศไทย ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร.
- [6] วรากร ไม้เรียง, 2546. วิศวกรรมเขื่อนดิน. กรุงเทพมหานคร : ไลบรารี นาย.
- [7] สุทธิศักดิ์ ศรีสัมพันธ์และคณะ, 2549. การวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงของเขื่อนเพื่อการชลประทานในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์