ระบบตรวจสุขภาพเขื่อน
Dam Safety Remote Monitoring System (DS-RMS)

นายสิริเชษฐ์ สำราญอยู่ดี[1]

[1] *หัวหน้าแผนกเทคโนโลยีเขื่อน กองความปลอดภัยเขื่อน ฝ่ายบำรุงรักษาโยธา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*

**Corresponding author; E-mail address: Sirichete.s@egat.co.th*

บทคัดย่อ

ระบบตรวจสุขภาพเขื่อนถูกพัฒนาขึ้นเพื่อปรับปรุงขั้นตอนในการประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อน โดยระบบจะดึงข้อมูลแบบ Real Time จากเครื่องมือที่ทำการติดตั้งตามเขื่อนต่างๆ เช่น เครื่องวัดความดันน้ำในตัวเขื่อน/ฐานรากเขื่อน (piezometer), เครื่องมือวัดการไหลซึมผ่านตัวเขื่อน (Seepage Weir), เครื่องมือตรวจวัดข้อมูลแผ่นดินไหว (seismic instrument) เป็นต้น มาวิเคราะห์ด้วยระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยเขื่อน เพื่อให้ระบบสามารถประเมินสถานะความปลอดภัยของเขื่อนได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และถูกต้องตามหลักวิชาการมากที่สุด จากนั้นจะทำการแจ้งผลไปยังเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับงานด้านความปลอดภัยเขื่อน ซึ่งจะช่วยให้เจ้าหน้าที่ทราบถึงสิ่งผิดปกติที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้สามารถแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างทันการณ์ เป็นการสร้างความเชื่อมั่นด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อนต่อภาคประชาชน

คำสำคัญ: ความมั่นคงปลอดภัยเขื่อน, ระบบอัตโนมัติ, เครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน, เครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว, ระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญ

Abstract

Dam Safety Remote Monitoring System (DS-RMS) or called “Dam Health System” is a project that developed to improve dam safety evaluation process. The system acquire data in real time from many kind of automatic instruments like piezometer, seepage weir, seismic instrument, etc. And Assess dam safety status by virtual Expert System developed by dam safety experts so that evaluate the safety status of the dam quickly and accurately then send the result via E-mail or SMS to personnel involved in dam safety surveillance to get information quickly and identify abnormalities that may occur in order to make a properly decision timely.

Keywords: Dam Safety, Automatic System, Dam Instrument, Seismic Instrument, Expert System.

1. บทนำ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีเขื่อนขนาดใหญ่ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลเป็นจำนวนมาก โดย กฟผ. ได้ตระหนักถึงความสำคัญด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อนเสมอมา และเนื่องด้วยปัจจุบันสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว (Climate change) ทำให้เกิดปัญหาภัยธรรมชาติที่มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น เช่น อุทกภัย แผ่นดินไหว เป็นต้น ซึ่งเขื่อนเป็นสิ่งก่อสร้างที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนจากอุทกภัย และเนื่องด้วยความมั่นคงแข็งแรงของเขื่อนยังคงเป็นคำถามที่ประชาชนมีความสงสัยและให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ดังนั้นเพื่อสร้างความเชื่อมั่นต่อภาคประชาชนในด้านความปลอดภัยเขื่อน และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบความปลอดภัยเขื่อน กฟผ. จึงได้พัฒนาระบบตรวจสุขภาพเขื่อน (Dam Safety Remote Monitoring System, DS-RMS) ขึ้นมา ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ในรูปแบบ Web Application ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ โดยไม่ต้องทำการติดตั้งซอฟท์แวร์บนคอมพิวเตอร์/แล็ปท็อป

นอกจากนี้ กฟผ. ได้เล็งเห็นว่าการแสดงข้อมูลสถานะความปลอดภัยเขื่อนให้ประชาชนทราบเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่จะช่วยตอบคำถามภาคประชาชนในด้านความปลอดภัยเขื่อนได้เป็นอย่างดี ด้วยการนี้จึงได้มีการพัฒนา Application บนโทรศัพท์มือถือที่ชื่อว่า “DAM SAFETY” ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งในระบบ iOS และ Android เพื่อเป็นการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารด้านความปลอดภัยเขื่อนให้ประชาชนทราบ และสามารถเข้าใจได้ง่าย รวมถึงสามารถกระจายข้อมูลได้อย่างทั่วถึงอีกด้วย

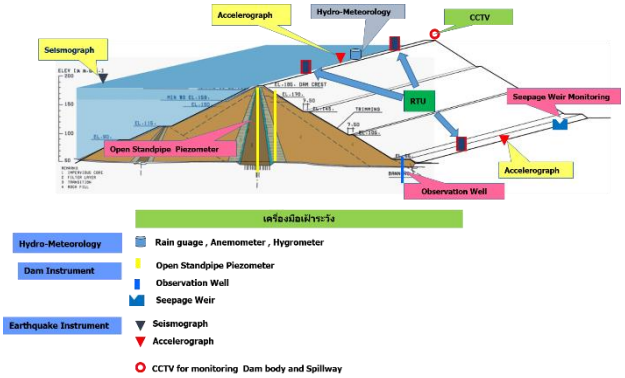
2. ขั้นตอนการทำงานของระบบ

ข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดแบบอัตโนมัติทั้งหมดที่ได้ติดตั้งไว้ตามเขื่อนต่างๆ ทั้งในส่วนของข้อมูลพฤติกรรมเขื่อน ข้อมูลสถานการณ์น้ำ และข้อมูลแผ่นดินไหว รวมถึงข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดแบบ Manual ที่ได้จากเจ้าหน้าที่ทำการตรวจวัด จะถูกส่งผ่านระบบเชื่อมโยงข้อมูลไปยังฐานข้อมูลภายใน Server ที่ได้ติดตั้งไว้ตามเขื่อนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 จากนั้นระบบจะนำข้อมูลมาแปลงค่าและประมวลผล (Data processing) และส่งให้ระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ทำหน้าที่วิเคราะห์และประเมินสถานะความปลอดภัยของเขื่อนและวินิจฉัยหาสาเหตุของ

ความผิดปกติที่เกิดขึ้น พร้อมกับให้คำแนะนำในการตรวจสอบสภาพเขื่อน โดยข้อมูลสถานะความปลอดภัยของเขื่อนต่างๆ ที่ระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญประเมินได้นั้นจะถูกส่งมายัง Server ที่สำนักงานกลาง กฟผ. (สนก.กฟผ.) เพื่อแสดงผลภาพรวมสถานะความปลอดภัยเขื่อนของทุกเขื่อนที่อยู่ภายใต้การดูแลของ กฟผ. ผ่านหน้าเว็บไซต์ของระบบ และเป็นการสำรองข้อมูลในอีกทางหนึ่งด้วย โดยหน้าเว็บไซต์ของระบบนอกจากจะแสดงผลสถานะความปลอดภัยของเขื่อนต่างๆ แล้ว ยังมีการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ รวมถึงภาพจากกล้องวงจรปิด และยังมีระบบที่สามารถจัดทำรายงานสรุปข้อมูลเครื่องมือทั้งหมดด้วย

2.1 เครื่องมือแบบอัตโนมัติทั้งหมดในระบบ

เครื่องมือแบบอัตโนมัติที่ได้ทำการติดตั้งไว้ตามเขื่อนนั้น แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน (Dam Instrument) เครื่องมืออุตุ-อุทกวิทยา (Meteorological Instrument) และเครื่องมือตรวจวัดข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Instrument) โดยเครื่องมือแต่ละชนิดจะถูกติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อตรวจวัดข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์และประเมินความปลอดภัยเขื่อน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือแบบอัตโนมัติในระบบ

2.1.1 เครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดพฤติกรรมของเขื่อนทั้งในส่วนของการไหลซึมของน้ำ และการเคลื่อนตัวของเขื่อนนั้นมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน โดยในระบบจะมีการติดตั้งเครื่องมือดังต่อไปนี้

- เครื่องมือวัดอัตราการไหลซึมผ่านตัวเขื่อน/ฐานราก (Seepage Weir Monitoring)
- เครื่องมือวัดแรงดันน้ำในตัวเขื่อน/ฐานราก (Piezometer)
- เครื่องมือวัดระดับน้ำใต้ดิน (Observation Well)
- เครื่องมือวัดการเอียงตัวของเขื่อน (Tilt Meter)
- เครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวของเขื่อน (Joint Meter)
- เครื่องมือตรวจวัดการทรุดตัวภายในตัวเขื่อน (Magnetic Extensometer)
- เครื่องมือตรวจวัดการเคลื่อนตัวถายในตัวเขื่อน (SAA)

2.1.2 เครื่องมืออุตุ-อุทกวิทยา

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณน้ำฝน ความชื้น ความดันอากาศ และความเร็วลม เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาร่วมประมวลผลในการประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อน

2.1.3 เครื่องมือตรวจวัดข้อมูลแผ่นดินไหว

เครื่องมือตรวจวัดข้อมูลแผ่นดินไหวมี 2 ชนิด ซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกันตามประเภทของ Sensor ที่ติดตั้งกับเครื่องมือ ได้แก่

- Seismograph : เครื่องมือที่ใช้ตรวจจับคลื่นแผ่นดินไหวเพื่อนำมาคำนวณหาขนาดและศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว
- Accelerohraph : เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดแรงจากแผ่นดินไหวที่กระทำต่อเขื่อนในตำแหน่งต่างๆ

2.2 การเชื่อมโยงข้อมูลภายในระบบ

การส่งข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดแต่ละตำแหน่งมายัง Server ที่ตั้งอยู่ตามเขื่อนต่างๆ นั้นมี 2 รูปแบบ ได้แก่

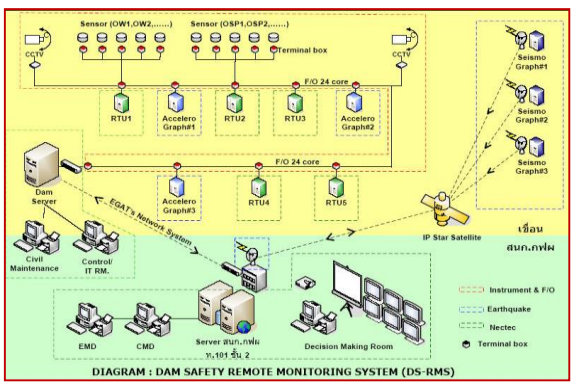
2.2.1 กรณีที่เครื่องมืออยู่ภายในบริเวณเขื่อน

ข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือจะถูกจัดเก็บไว้ใน RTU (Remote Terminal Unit) ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยแห่งชาติ (NECTEC) จากนั้นจะส่งข้อมูลผ่านสายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) ไปยังเครื่อง Server ประจำเขื่อน เพื่อวิเคราะห์และประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อนแล้วจึงส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายของ กฟผ. เข้าไปรวบรวมที่เครื่อง Server ที่ สนก.กฟผ.

2.2.2 กรณีที่เครื่องมืออยู่ภายนอกบริเวณเขื่อน

ข้อมูลจากเครื่องมือจะถูกส่งผ่านช่องทางการเชื่อมโยงข้อมูลแบบ IP Star ของผู้ให้บริการเครือข่าย (บริษัทโทรคมนาคมแห่งชาติ, NT) เพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่อง Server ที่ สนก.กฟผ. และนำข้อมูลมาร่วมวิเคราะห์และประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อนกับข้อมูลที่ได้จากข้อ 2.2.1

โดยแผนผังแสดงการเชื่อมโยงข้อมูลของระบบตรวจสุขภาพเขื่อนแสดงดังรูปที่ 2

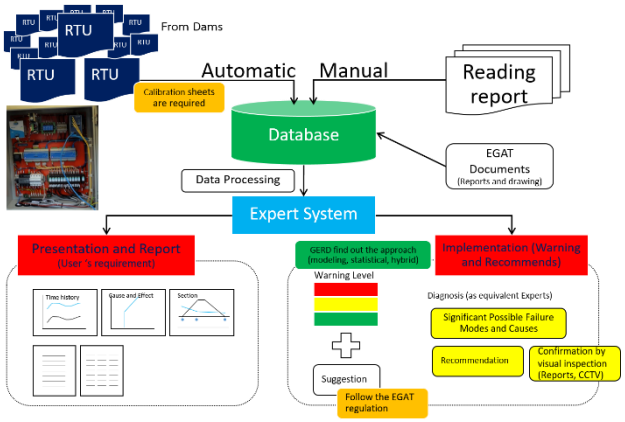


รูปที่ 2 แผนผังการเชื่อมโยงข้อมูลของระบบ

2.3 การวิเคราะห์และประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อน

หลังจากข้อมูลทั้งหมดถูกส่งมาที่เครื่อง Server แล้วนั้นระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมานั้นจะทำการวิเคราะห์และประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อนในลำดับต่อไป และเนื่องด้วยเขื่อนแต่ละประเภทนั้นจะมีรูปแบบของการพิบัติ (Mode of Failure) แตกต่างกัน ซึ่งจากการศึกษาร่วมกันระหว่าง กฟผ. กับศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งได้ทำการศึกษาทบทวนลักษณะของเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ ประวัติการใช้งานและบำรุงรักษา พฤติกรรมของเขื่อนที่วิเคราะห์จากเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน และการวิเคราะห์ทบทวนวิธีการออกแบบเขื่อน จึงได้พัฒนาสร้างเกณฑ์ (Criteria) ในการวิเคราะห์และประเมินความปลอดภัยของเขื่อน เพื่อที่จะระบุสถานะความปลอดภัยของเขื่อนแต่ละประเภทให้ได้ใกล้เคียงความเป็นจริง และเป็นไปตามหลักวิชาการมากที่สุด

โดยข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดทั้งแบบอัตโนมัติ และแบบ Manual จะถูกนำมาแปลงค่าจากข้อมูลดิบ (Raw Data) เป็นข้อมูลเชิงวิศวกรรม (Engineering Data) จากนั้นจะถูกส่งไปประมวลผลโดยระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานตามรูปที่ 3



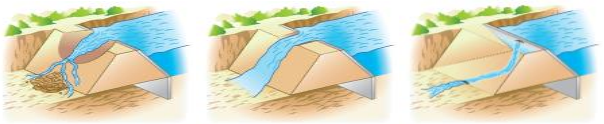
รูปที่ 3 แผนผังการเชื่อมโยงข้อมูลของระบบ

ในส่วนของเกณฑ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญนั้นจะแตกต่างกันออกไปตามประเภทของเขื่อน และรูปแบบการพิบัติต่างๆ ตัวอย่างเช่น เขื่อนภูมิพลซึ่งเป็นเขื่อนประเภท Concrete Dam จะมีรูปแบบการพิบัติแบบล้มคว่ำ (Overturn Failure) แต่จะไม่มีรูปแบบการพิบัติแบบน้ำไหลซึมผ่านตัวเขื่อน (Piping) แต่ในกรณีของเขื่อนศรีนครินทร์ซึ่งเป็นเขื่อนประเภทหินถมแกนดินเหนียว (Embankment Dam) นั้นจะมีรูปแบบการพิบัติแบบน้ำไหลซึมผ่านตัวเขื่อน แต่ไม่มีโอกาสที่จะเกิดการพิบัติแบบล้มคว่ำ เป็นต้น

โดยเขื่อนที่อยู่ภายใต้การดูแลของ กฟผ. แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

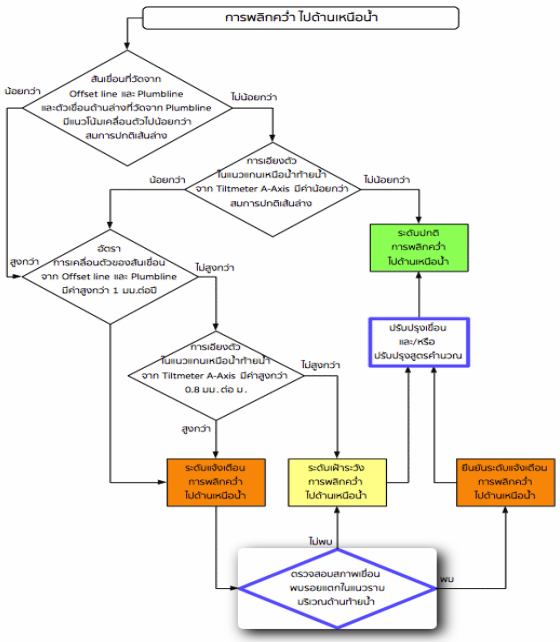
- เขื่อนดินถมและหินถมแกนดินเหนียว ได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนรัชชประภา เขื่อนบางลาง เขื่อนแม่จาง เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนน้ำพุง เขื่อนสิรินธร เขื่อนจุฬาภรณ์ และเขื่อนห้วยกุ่ม
- เขื่อนหินถมดาดหน้าด้วยวัสดุทึบน้ำ ได้แก่ เขื่อนวชิราลงกรณ และเขื่อนของโรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา
- เขื่อนคอนกรีต ได้แก่ เขื่อนภูมิพล และเขื่อนปากมูล

โดยตัวอย่างของรูปแบบการพิบัติของเขื่อนประเภทเขื่อนหินถมคอนกรีตดาดหน้า แสดงดังรูปที่ 4 และตัวอย่าง Algorithm หรือ Flow Chart ของเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสถานะความปลอดภัยของเขื่อนประเภทเขื่อนคอนกรีตในระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญ แสดงตามแผนผังในรูปที่ 5 ซึ่งระบบจะแบ่งสถานะความปลอดภัยเขื่อนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ปกติ, เฝ้าระวัง และแจ้งเตือน ซึ่งจะถูกแสดงด้วยสีเขียว สีเหลือง และสีส้ม ตามลำดับ



การเคลื่อนพังของลาดเขื่อนจนอาจทำให้น้ำล้นสันเขื่อน | การทรุดตัวของสันเขื่อนจนอาจทำให้น้ำล้นสัน | การรั่วซึมผ่านตัวเขื่อน

รูปที่ 4 ตัวอย่างของรูปแบบการพิบัติของเขื่อนประเภทเขื่อนหินถมคอนกรีตดาดหน้า



รูปที่ 5 เกณฑ์ในการประเมินสถานะความปลอดภัยของเขื่อนประเภทเขื่อนคอนกรีต

โดยในระบบตรวจสุขภาพเขื่อนยังแบ่งสภาวการณ์ที่เกิดขึ้นกับตัวเขื่อนเพื่อให้สามารถประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อนได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน โดยแบ่งออกเป็น 3 สภาวะ ได้แก่

สภาวะใช้งานปกติ : เกณฑ์ความปลอดภัยได้ถูกกำหนดโดยพิจารณาถึงประเภทของเขื่อนและพฤติกรรมที่เขื่อนตอบสนอง เพื่อนำไปสู่รูปแบบการพิบัติที่อาจจะเกิดขึ้นได้ โดยมีเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อนเป็นเครื่องมือ

หลักที่ใช้ในการวิเคราะห์และประเมินความผิดปกติของเขื่อน ซึ่งได้พิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลการตรวจวัดจากเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน เช่น ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ระดับน้ำใต้ดิน ระยะเวลาหลังการก่อสร้าง มาใช้ระบุระดับความปลอดภัยของเขื่อน

สภาวะเผชิญเหตุแผ่นดินไหว : เกณฑ์ความปลอดภัยได้พิจารณาถึงขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว รวมถึงอัตราเร่งที่กระทำต่อตัวเขื่อน ที่อาจสร้างผลกระทบต่อความมั่นคงของเขื่อนตามมาตรฐานสากลและข้อมูลเชิงสถิติ และระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญจะแนะนำการตรวจสอบสภาพเขื่อนด้วยเจ้าหน้าที่ และจะใช้ผลการตรวจวัดจากเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อนภายหลังการเกิดแผ่นดินไหวมาร่วมพิจารณา เพื่อยืนยันถึงระดับความปลอดภัยของเขื่อนด้วย

สภาวะเผชิญเหตุน้ำหลาก : เกณฑ์ความปลอดภัยได้จัดทำขึ้นให้สอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติงานของการระบายน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น ที่มีระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเป็นปัจจัยหลักของการเพิ่มหรือลดการระบายน้ำ เกณฑ์ความปลอดภัยเขื่อนได้พิจารณาจัดทำเกณฑ์การเตือนเป็น 3 ช่วงของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ตั้งแต่ต้นฤดูฝนจนระดับน้ำเต็มอ่างเก็บน้ำ ในระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญจะมีการวิเคราะห์และติดตามสถานการณ์ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ เพื่อให้คำแนะนำแผนการระบายน้ำที่สอดคล้องกับคู่มือการใช้งานอาคารระบายน้ำล้น และตรวจสอบความจำเป็นของการเพิ่มอัตราการระบายน้ำ

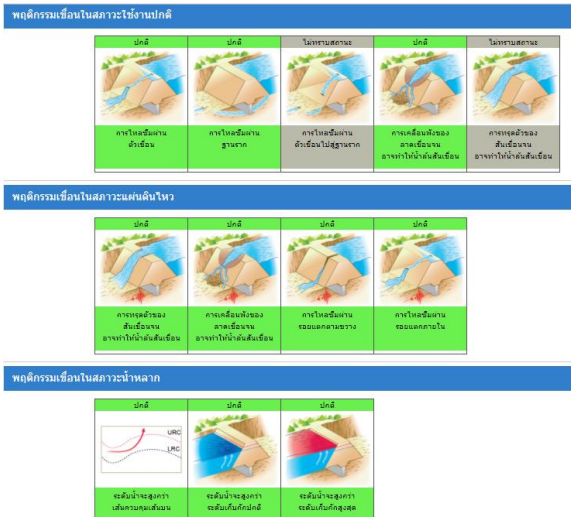
โดยในแต่ละสภาวการณ์จะมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับปกติ ระดับเฝ้าระวัง และระดับแจ้งเตือน ซึ่งแต่ละระดับจะสะท้อนถึงพฤติกรรมของเขื่อนที่เกิดขึ้นตั้งแต่ความรุนแรงน้อยไปถึงมากซึ่งจะส่งผลให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องสามารถดำเนินการรับมือกับแต่ละสถานการณ์ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกันไปได้อย่างถูกต้อง โดยแต่ละสถานะมีความหมาย ดังต่อไปนี้

- สถานะปกติ (สีเขียว) หมายถึง จากข้อมูลที่ตรวจวัดได้ระบบประเมินว่าเขื่อนยังคงมั่นคงแข็งแรง

- สถานะเฝ้าระวัง (สีเหลือง) หมายถึง ข้อมูลที่ตรวจวัดได้มีค่าแตกต่างไปจากข้อมูลเดิมในอดีต ดังนั้นจึงควรที่จะติดตามดูข้อมูลของเครื่องมือดังกล่าวอย่างใกล้ชิด

- สถานะแจ้งเตือน (สีส้ม) หมายถึง ข้อมูลจากเครื่องวัดเริ่มมีค่าสูงกว่า-ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งมีแนวโน้มว่าอาจจะมีความผิดปกติเกิดขึ้นที่เขื่อนบริเวณนั้น โดยระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เข้าไปทำการตรวจสอบบริเวณดังกล่าวเบื้องต้น

โดยเมื่อระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินสถานะความปลอดภัยของเขื่อนแล้วเสร็จ ระบบตรวจสุขภาพเขื่อนก็จะนำผลการประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อนในแต่ละสภาวการณ์มาแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์ของระบบฯ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6

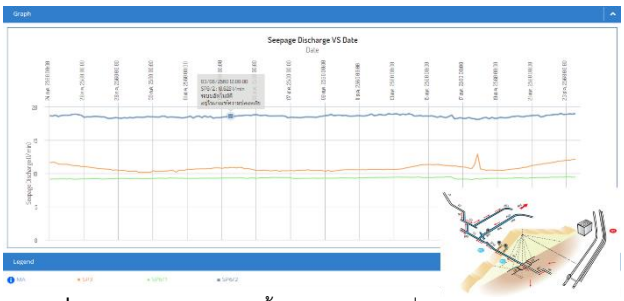


รูปที่6 ผลการประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อนในแต่ละสภาวการณ์

2.4 การแสดงผลและการใช้งานระบบตรวจสุขภาพเขื่อน

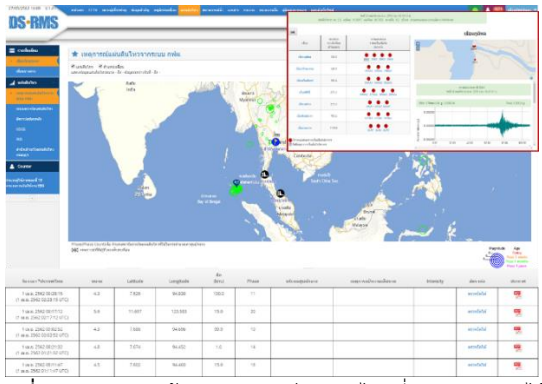
นอกเหนือจากผลการประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อนที่ระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญได้ดำเนินการแล้วเสร็จและนำข้อมูลมาแสดงผลตามรูปที่ 6 นั้น ภายในระบบตรวจสุขภาพเขื่อนยังมีเครื่องมือที่ได้จัดเตรียมไว้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เพื่อนำไปเสนอต่อผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ หรือนำไปวิเคราะห์อีกครั้ง โดยหัวข้อในการแสดงผลข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ ข้อมูลเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน ข้อมูลแผ่นดินไหว และข้อมูลสถานการณ์น้ำ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์ของระบบได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

โดยในส่วนของเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน ทางผู้ใช้งานสามารถเลือกแสดงกราฟข้อมูลของเครื่องมือที่ต้องการตามช่วงเวลาต่างๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 7



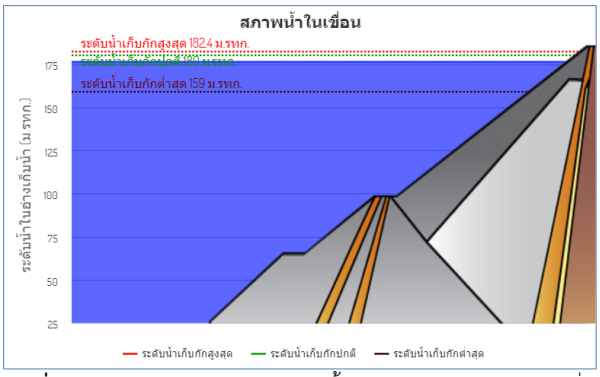
รูปที่ 7 กราฟข้อมูลปริมาณน้ำไหลซึมผ่านตัวเขื่อน (Seepage Weir)

ข้อมูลแผ่นดินไหวจะแสดงข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ระบบตรวจจับได้ทั้ง เวลา ขนาด และตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว นอกจากนี้ยังแสดงผลกระทบจากแรงกระทำแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นต่อตัวเขื่อนในตำแหน่งต่างๆ อีกด้วย ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การแสดงผลข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ระบบตรวจจับได้

และในหัวข้อสถานการณ์น้ำนั้นระบบจะแสดงผลปริมาณน้ำในเขื่อน ณ เวลาปัจจุบัน และยังสามารถเรียกดูข้อมูลระดับน้ำย้อนหลังได้ รวมถึงได้มีการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลเข้าเขื่อน และปริมาณน้ำที่ถูกปล่อยออกไป (ทั้งการระบายน้ำผ่านการผลิตไฟฟ้าและแบบไม่ผลิตไฟฟ้า) เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีข้อมูลที่ครบถ้วน และสามารถนำไปวิเคราะห์เพิ่มเติมในลำดับต่อไปได้ ซึ่งจะส่งผลให้เจ้าหน้าที่สามารถบริหารจัดการน้ำได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณด้านท้ายของเขื่อนในช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนมาก โดยตัวอย่างหน้าจอแสดงผลข้อมูลสถานการณ์น้ำแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การแสดงผลข้อมูลสถานการณ์น้ำภายในระบบตรวจสุขภาพเขื่อน

นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถเข้าดูภาพจากกล้องวงจรปิดที่ได้ทำการติดตั้งไว้ตามเขื่อนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 10 เพื่อนำไปเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

รูปที่ 10 ภาพจากกล้องวงจรปิดที่เขื่อนต่างๆ

3. การนำเสนอข้อมูลแก่ประชาชน

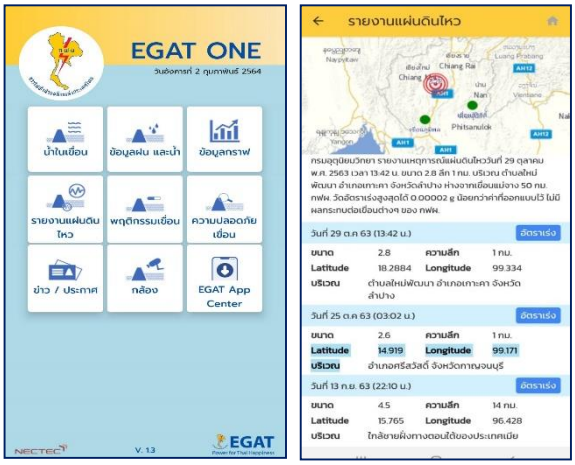
ถึงแม้การพัฒนาระบบตรวจสุขภาพเขื่อนจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลและบำรุงรักษาเขื่อนให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น รวมถึงทราบถึงสิ่งผิดปกติที่อาจจะเกิดขึ้นต่อเขื่อนได้อย่างรวดเร็ว อันจะส่งผลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที แต่หากไม่มีการเผยแพร่ข้อมูลดังกล่าวให้ประชาชนภายนอกได้รับรู้ ก็คงไม่สามารถตอบคำถามด้านความปลอดภัยเขื่อนต่อประชาชนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณด้านท้ายเขื่อนของ กฟผ. ดังนั้นจึงได้มีการปรึกษาหารือเพื่อหาแนวทางในการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข้อมูลดังกล่าวให้ถึงภาคประชาชนได้อย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งอำนวยความสะดวกแก่ประชาชนที่ต้องการเข้าดูข้อมูลดังกล่าว กอปรกับปัจจุบันประชาชนส่วนใหญ่สามารถเข้าถึงโทรศัพท์มือถือแบบ Smart Phone ได้

ด้วยเหตุนี้ กฟผ. จึงได้พัฒนา Application บนโทรศัพท์มือถือที่ชื่อว่า EGAT ONE ขึ้นมา เพื่อใช้เป็นช่องทางในการสื่อสารและเผยแพร่ข้อมูลสู่ประชาชน โดยได้พัฒนาทั้งในระบบ iOS และ Android เพื่อให้ประชาชนทั่วไปสามารถเข้าใจได้ง่ายและสามารถกระจายข้อมูลได้อย่างทั่วถึง ซึ่งใน Application ดังกล่าวจะแสดงรายละเอียดของข้อมูลความปลอดภัยเขื่อนและข้อมูลอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่

- ข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวและแรงที่กระทำต่อตัวเขื่อน : แสดงขนาดและตำแหน่งของศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว เวลาที่เกิดเหตุ พร้อมทั้งแรงกระทำที่แผ่นดินไหวกระทำต่อเขื่อนต่างๆ
- ข้อมูลสถานการณ์น้ำของเขื่อนต่างๆ : แสดงระดับน้ำล่าสุด ปริมาณน้ำไหลเข้า-ออก ปริมาณน้ำในเขื่อนปัจจุบัน และ % ของปริมาณน้ำเทียบกับปริมาณความจุของเขื่อน
- ข้อมูลน้ำฝนและน้ำ : แสดงปริมาณน้ำฝนของสถานีตรวจวัดน้ำฝนของระบบโทรมาตรของ กฟผ. ที่อยู่โดยรอบเขื่อนต่างๆ
- ข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมเขื่อน : แสดงรายละเอียดของเครื่องมือสำคัญที่ติดตั้งตามเขื่อนต่างๆ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการประเมินสถานะความปลอดภัยเขื่อน
- ภาพจากกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งตามเขื่อนต่างๆ : แสดงภาพบริเวณต่างๆของเขื่อนในแบบ Real-Time

โดยการแสดงข้อมูลใน Application EGAT ONE เช่น หน้าแรกของ Application และข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวและแรงที่กระทำต่อตัวเขื่อน แสดงดังตัวอย่างในรูปที่ 11

และในปัจจุบันประชาชนที่สนใจอยากทราบข้อมูลด้านความปลอดภัยเขื่อนสามารถดาวน์โหลด Application ดังกล่าวได้แล้วทั้งผ่าน Play Store และ App Store เพื่อสามารถเข้าดูข้อมูลทั้งด้านสถานะความปลอดภัยเขื่อน สถานการณ์น้ำของเขื่อนต่างๆ ข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหว และข้อมูลสำคัญอื่นๆ ได้ตลอดเวลา นับเป็นการสื่อสารข้อมูลและเสริมสร้างความเชื่อมั่นในด้านความปลอดภัยเขื่อน และการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำต่อประชาชนภายนอก ซึ่งถือเป็นหนึ่งในภารกิจหลักของ กฟผ. ที่มีต่อประชาชน



รูปที่ 11 ตัวอย่าง Application EGAT ONE ที่ใช้เผยแพร่ข้อมูลด้านความปลอดภัยเขื่อนกับประชาชน

4. การบำรุงรักษาระบบ

ถึงแม้ว่า กฟผ. ได้พัฒนาระบบตรวจสุขภาพเขื่อนแล้วเสร็จและได้เริ่มใช้งานระบบมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2559 แล้วก็ตาม แต่ระบบจะไม่สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพหากขาด 3 องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

4.1 ผู้ใช้งานระบบ

ผู้ที่มีหน้าที่ในการเฝ้าระวังความปลอดภัยเขื่อน ซึ่งจะต้องเข้าไปใช้งานระบบรวมถึงตรวจสอบความถูกต้องในการประมวลผลของระบบ อันจะส่งผลให้สามารถตรวจสอบข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นได้ และแจ้งผู้เกี่ยวข้องให้ดำเนินการแก้ไขต่อไป ซึ่งจะส่งผลให้ระบบมีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

4.2 เจ้าหน้าที่บำรุงรักษาระบบ

ผู้ที่มีหน้าที่ในการบำรุงรักษาส่วนประกอบต่างๆ ในระบบให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถตรวจวัดข้อมูลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยหากขาดซึ่งเจ้าหน้าที่ในส่วนนี้ระบบก็อาจจะใช้งานได้ไม่ยั่งยืน เช่น เครื่องมือหรืออุปกรณ์ชำรุดเสียหาย หรือมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นภายในระบบ แต่ไม่มีเจ้าหน้าที่มาทำการแก้ไข

4.3 หน่วยงานสนับสนุน

คือ หน่วยงานที่คอยสนับสนุนข้อมูลด้านวิชาการ เทคโนโลยีที่ทันสมัย รวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษที่ใช้ในการบำรุงรักษาระบบ หากขาดซึ่งหน่วยงานนี้ระบบก็จะไม่สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. บทสรุป

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อนำมาพัฒนากระบวนการในการตรวจสอบและประเมินความปลอดภัยเขื่อนนั้น เป็นอีกหนึ่งภารกิจของ กฟผ. ซึ่ง กฟผ. ได้เล็งเห็นว่ามีประโยชน์ต่อทั้งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และประชาชนคนไทยทุกคนโดยเฉพาะผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณท้ายเขื่อน และเพื่อเป็นการเสริมสร้างความเชื่อมั่นด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อนที่อยู่ภายใต้ความดูแลของ กฟผ. ให้กับประชาชน และ กฟผ. จะยังคงมุ่งมั่นที่จะนำเทคโนโลยี หรือนวัตกรรมใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้ในงานของ กฟผ. เพื่อสร้างประโยชน์ให้กับประเทศและประชาชนทุกคน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยแห่งชาติ (NECTEC) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการซ่อมแซมเครื่องมือและอุปกรณ์ในระบบ แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ด้านการบำรุงรักษาระบบกับผู้ปฏิบัติงานของ กฟผ. รวมถึงแนะนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบ

และขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ข้อแนะนำ และเป็นที่ปรึกษา รวมถึงแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ต่างๆ ด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อน

เอกสารอ้างอิง

[1] หน่วยวิจัยความปลอดภัยเขื่อน ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บทที่ 3 เกณฑ์ความปลอดภัยเขื่อนและระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญ. *รายงานการจัดทำเกณฑ์ความปลอดภัยเขื่อน และระบบเสมือนผู้เชี่ยวชาญภายใต้โครงการ งานวิเคราะห์ คัดเลือก และจัดทำเกณฑ์ด้านความปลอดภัยเขื่อน จากเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อนของ กฟผ.*, พ.ศ. 2556 - 2557, หน้า 63-86.

[2] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยแห่งชาติ (NECTEC), บทที่ 2 การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จัดเก็บและส่งข้อมูลแบบอัตโนมัติ (RTU). *รายงานฉบับสมบูรณ์งานพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศของระบบติดตามข้อมูลระยะไกลด้านความปลอดภัยเขื่อน.*, พ.ศ. 2559, หน้า 9-32.

[3] สิริเชษฐ์ สำราญอยู่ดี (2561). การจัดการฐานข้อมูลเขื่อนด้วยระบบ DS-RMS. *หลักสูตรอบรมงานด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อนของ กฟผ. (Dam Safety Training) ประจำปี พ.ศ.2561*, เขื่อนท่าทุ่งนา จ.กาญจนบุรี, 23-26 ตุลาคม 2561, หน้า 1-9.

[4] นันทิยา ระพิทย์พันธ์ (2561). การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความปลอดภัยเขื่อน. *หลักสูตรอบรมงานด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อนของ กฟผ. (Dam Safety Training) ประจำปี พ.ศ.2561*, เขื่อนท่าทุ่งนา จ.กาญจนบุรี, 23-26 ตุลาคม 2561, หน้า 51-63.

[5] ชิโนรส ทองธรรมชาติ (2563). 20 ปี แห่งความท้าทายของงานความปลอดภัยเขื่อนในประเทศไทย. *หลักสูตรอบรมงานด้านความมั่นคงปลอดภัยเขื่อนของ กฟผ. (Dam Safety Training) ประจำปี พ.ศ.2563*, เขื่อนจุฬาภรณ์ จ.ชัยภูมิ, 15-17 กันยายน 2563, หน้า 1-81.