



การวิเคราะห์เสถียรภาพเขื่อนด้วยเทคนิคการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและความต่างศักย์ธรรมชาติ

Dam Stability Analysis by Electrical Resistivity Imaging and Natural Electric Potential Technique

ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง^{1*} ชนระบ วิชาลัย² และอรรวรรณ จันทสุทโธ¹

Received: May, 2016; Accepted: September, 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นถึงเทคนิคการจัดทำแผนที่ด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติใต้พื้นดิน สำหรับการวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพโครงสร้างทางธรณีวิทยาของเขื่อนซึ่งเป็นประโยชน์ในการสำรวจเพื่อวางแผนการบำรุงรักษา

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษา ณ เขื่อนกระเสียว อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นเขื่อนแกนดินเหนียวที่มีอายุการใช้งานมาแล้วมากกว่า 30 ปี โดยมีวิธีการศึกษาสภาพของตัวเขื่อนด้วยการวัดค่าความต่างศักย์ธรรมชาติควบคู่กับการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า การวัดค่าความต่างศักย์ธรรมชาติด้วยขั้วไฟฟ้าแบบ Porous Pot บรรจุสารละลายยูนีส (CuSO₄) ส่วนการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้านั้นในเบื้องต้นได้ทำการทดสอบการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าด้วย 3 รูปแบบ การวางขั้วไฟฟ้า คือแบบ Wenner Wenner-Schlumberger และ Pole-Dipole เพื่อคัดเลือกรูปแบบการวางขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการสำรวจนี้ ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าความต่างศักย์ธรรมชาติ จะนำมาสร้างเป็นแผนที่พื้นผิว ส่วนผลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าได้ทำการประมวลผลเพื่อสร้างเป็นภาพตัดของชั้นดินแบบ 2 มิติ สำหรับการวิเคราะห์ผลแบบบูรณาการเพื่อตรวจสอบหาตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ของจุดที่มีอัตราการไหลซึมผ่านของน้ำใต้ดินสูงผิดปกติ หรือจุดเสี่ยงที่ควรทำการเจาะสำรวจด้วยวิธีการตรวจสอบตามวิธีการแบบปกติต่อไป

ผลการศึกษาพบว่า ค่าศักย์ไฟฟ้าปกติตามธรรมชาติมีค่าอยู่ระหว่าง 250 - 400 มิลลิโวลต์ และมีค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติที่ผิดปกติ คือมีค่าต่ำกว่า 250 มิลลิโวลต์ และสูงกว่า 400 มิลลิโวลต์

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

² บริษัท จีไอสยาม จีไอฟิลิกส์คอล เซอวิสเชส พิษณุโลก

* Corresponding Author E - mail Address: narongchaiwiwatt@gmail.com

ส่วนค่าความต้านทานไฟฟ้าที่มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 200 โอห์มเมตร สำหรับจุดที่อยู่ลึกลงไปหรือขอบตัวเขื่อนที่อยู่ติดกับแนวสันภูเขา บางจุดมีความต้านทานไฟฟ้าสูงกว่า 200 โอห์มเมตร แสดงให้เห็นถึงลักษณะทางธรณีวิทยาที่เป็นชั้นหินฐานรากของเขื่อนและหินสันภูเขา ผลการวิเคราะห์ผลรวมของทั้งสองวิธีการสำรวจพบว่า บางตำแหน่งที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า 3 โอห์มเมตร และค่าความต่างศักย์ธรรมชาติต่ำกว่า 250 มิลลิโวลต์นั้น มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการรั่วซึมของน้ำแบบผิดปกติ ซึ่งควรทำการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอด้วยวิธีการทางวิศวกรรมต่อไป การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ในการลดระยะเวลาการทำงาน ประหยัดงบประมาณในการสำรวจ และมีความแม่นยำในการวิเคราะห์เสถียรภาพของเขื่อนแกนดินเหนียวได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : เขื่อนแกนดินเหนียว; การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติในดิน; การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดิน

Abstract

The objective of this research was to present geo-electrical mapping techniques from ground resistivity and self-potential for analyzing and assessing geological structure of dam to be utilized for dam maintenance program.

This study was conducted at Krasiao-Dam in Dan-Chang district Suphan-Buri Province. The earth fill dam is valid for over 30 years. The state of the study for dam structure assessment made use of self-potential and electrical resistivity methods. Self-potential data was measured using porous pot with copper sulfate (CuSO_4) solution. For electrical resistivity data, an initial state 3 electrode configuration including Wenner, Wenner-Schlumberger and Pole-Dipole were tested to verify the most suitable array for data collection. Self-potential data was processed and presented as surface map. The electrical resistivity data was processed and presented as 2D underground cross section. An integrated data analysis of these two results were verified of possible leakage position or risk location as it needed to be tested by conventional engineering testing methods.

Research results indicate general self-potential data in range of 250 - 400 mv, below 250 mv was treated as anomaly. Resistivity data was between 1 to 200 ohms-meters and higher than 200 ohms-meters indicates the foundation and rocks. For some positions, the electrical resistivity less than 3 ohms-meters and self-potentials below 250 mv were identified as possible water leakage which the responsible agencies needed to check regularly using conventional engineering testing methods. The benefits of this study were that it can work faster, saving, and accurate for analyzing the stability of earth fill of dams.

Keywords: Earth Fill Dam; Self-Potential Measurements; Electrical Resistivity Measurements

บทนำ

โดยปกติแล้วน้ำต้นทุนในแหล่งกักเก็บน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าหรือเพื่อการเกษตร จะสูญเสียไปในรูปของน้ำที่ไหลออกจากแหล่งกักเก็บ การระเหยกลายเป็นไอ และการไหลซึมผ่านได้เชื่อม ดังนั้นหากเกิดการสูญเสียน้ำในแหล่งกักเก็บไปในรูปแบบของน้ำที่ไหลผ่านได้เชื่อมในปริมาณที่มาก ย่อมส่งผลถึงความปลอดภัยของตัวเขื่อน รวมทั้งต้องสูญเสียทรัพยากรน้ำอันมีค่าไปอย่างเปล่าประโยชน์

เนื่องด้วยเขื่อนเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ ดังนั้นการตรวจสอบสภาพของเขื่อนโดยปกติจะทำการตรวจสอบเบื้องต้นด้วยสายตา (Visual Inspection) เป็นหลัก ประกอบกับข้อมูลเบื้องต้น เช่น องค์ประกอบเขื่อน น้ำหนักแต่ละองค์ประกอบครบถ้วนถูกต้องหรือไม่ สภาพขององค์ประกอบนั้น ๆ เป็นอย่างไร และประเมินอย่างเป็นมาตรฐานเดียวกัน วิธีการตรวจสอบด้วยสายตาเป็นวิธีการประเมินผลในเบื้องต้นเท่านั้น เนื่องจากเป็นการตรวจสอบโดยใช้วิจารณญาณและประสบการณ์ส่วนตัวเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาเทคนิคการตรวจสอบแบบอื่น เพื่อประกอบการพิจารณาควบคู่กันไปด้วยสำหรับวิธีการอื่น ๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน อาทิเช่น การประเมินสภาพเขื่อนโดยวิธีดัชนีสภาพ (Dam Assessment by Condition Index Method) และการตรวจด้วยเครื่องมือวัดพฤติกรรมเขื่อน (Dam Instrumentation) [1] อย่างไรก็ตามการสำรวจด้วยวิธีการดังกล่าวมานี้พบว่ายังไม่สามารถทำให้ทราบได้ถึงข้อมูลของสภาพของตัวเขื่อนและโครงสร้างเขื่อนที่อยู่ใต้ผิวดินได้ ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อนำเสนอเทคนิคใหม่ที่จะช่วยให้สามารถดำเนินงานได้อย่างแม่นยำและเกิดประสิทธิภาพสูง

การศึกษานี้เลือกใช้เขื่อนกระเสียว อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและการเดินทางสะดวก รวมถึงได้รับความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี เขื่อนกระเสียวอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของกรมชลประทาน สร้างขึ้นเพื่อการกักเก็บน้ำสำหรับการเกษตร โดยกั้นลำห้วยกระเสียวเป็นแนวยาว 4,250 เมตร สูง 32.5 เมตร ความกว้างที่สันเขื่อน 8 เมตร พื้นที่ผิวน้ำ 35 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำที่สามารถเก็บกักน้ำได้สูงสุด 240 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่ระดับ +87.00 เมตร รทก. ปริมาตรสูงสุด 390 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่ระดับ +90.64 เมตร รทก.

พื้นที่ทางภูมิศาสตร์ อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ตั้งอยู่บนพื้นที่ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำท่าจีน พื้นที่ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นพื้นที่ดอน แห้งแล้ง และพื้นที่ภูเขา ด้วยเหตุนี้ในแต่ละปี มักจะประสบปัญหาภัยธรรมชาติอันเกิดจากภาวะฝนแล้งอยู่เป็นประจำ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่ทำการศึกษานี้ตั้งอยู่ในพื้นที่ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแหล่งน้ำเขื่อนกระเสียว โดยมีพื้นที่ด้านท้ายเขื่อนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีสภาพเป็นไร่อ้อย ไร่มันสำปะหลัง และพื้นที่เลี้ยงสัตว์ เป็นต้น [2] เขื่อนกระเสียวดังอยู่ในพื้นที่ลักษณะภูเขา (Mountainous Landform) มีแกนสันเขื่อนด้านทิศตะวันออกเป็นหินปูนยุคออร์โดวิเซียนทางด้านตะวันตกเป็นหินทราย - หินควอร์ตไซต์ ยุคไซลูเรียน - ดีโวเนียน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นต้นกำเนิดของตะกอนที่สะสมตัวในบริเวณที่ราบลุ่มของเขื่อนกระเสียว [3]

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอรูปแบบการสำรวจทางธรณีวิศวกรรมโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางด้านการสำรวจด้วยวิธีการทางธรณีฟิสิกส์ที่มีความก้าวหน้าและใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ทั้งในส่วนของการบันทึกข้อมูลและการประมวลผลข้อมูล ข้อดีคือเป็นวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive) ใช้เวลาในการทำงานน้อยและประหยัดงบประมาณมากกว่าวิธีอื่น

โดยทำการบูรณาการวิธีการสำรวจด้วยไฟฟ้า อันประกอบด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติตลอดเส้นทางการสำรวจไปพร้อมกัน

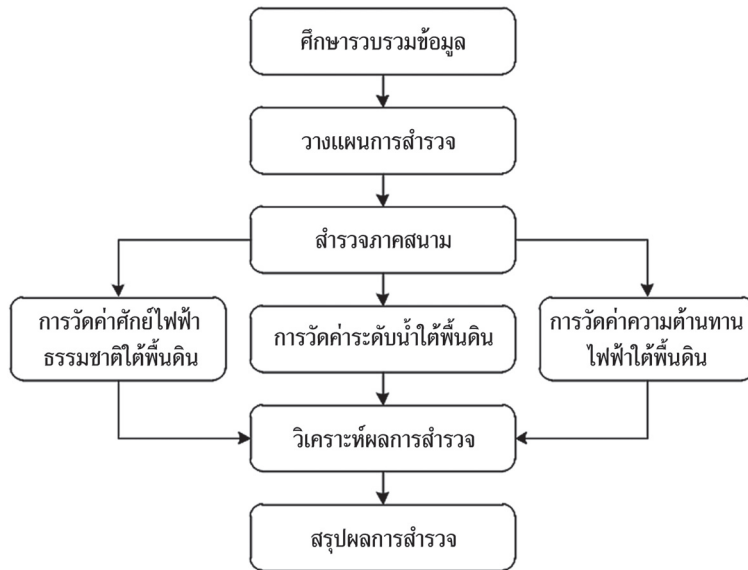
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อแสดงให้เห็นถึงเทคนิคการจัดทำแผนที่ด้วยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติและ ความต้านทานไฟฟ้า สำหรับการวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพของเขื่อนแกนดินเหนียวที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งจำเป็นในการวางแผนบำรุงรักษาเขื่อน
2. เพื่อนำข้อมูลเสนอต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องถึงลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา/ธรณีวิศวกรรมที่ตรวจพบ เพื่อวางแผนในการตรวจสอบเขื่อนและทำการประชาสัมพันธ์สร้าง ความมั่นใจแก่ประชาชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่
3. การเผยแพร่งานวิจัยนี้จะเป็นการสร้างเสริมศักยภาพของเจ้าหน้าที่หรือวิศวกรที่เกี่ยวข้อง ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาเขื่อน ให้เข้าใจในวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์แบบบูรณาการ ซึ่งวิธีการนี้ อาจใช้ร่วมกับวิธีการอื่นที่ได้ปฏิบัติอยู่ก่อนแล้วในการตรวจสอบเขื่อน การมีวิธีการและเครื่องมือ ที่ช่วยตรวจสอบสภาพเขื่อนอยู่เสมอจะสร้างความเชื่อมั่นในความมั่นคงของโครงสร้างเขื่อนได้

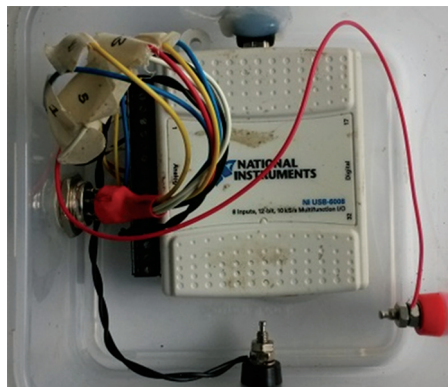
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย ตามแผนผังดังรูปที่ 1 แสดงลำดับวิธีการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ศึกษารวบรวมข้อมูล การศึกษาในครั้งนี้จะทำการศึกษารวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ธรณีวิทยา วิศวกรรม ที่จำเป็นในการวางแผนปฏิบัติการสำรวจภาคสนาม และการวิเคราะห์ผล ที่จำเป็นในการวางแผนและป้องกันเมื่อเกิดปัญหาและผลกระทบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ในภาคสนาม
2. การวางแผนการสำรวจ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยข้อมูลจากการศึกษาในขั้นตอนแรก เพื่อทำการวางแผนการสำรวจในภาคสนาม ตลอดจนกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการสำรวจ โดยอ้างอิงจากรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาในขั้นต้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีที่สุดในการสำรวจ
3. การสำรวจภาคสนาม เพื่อป้องกันผลกระทบในเรื่องความเปื่อยขึ้นจากสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น ในฤดูฝน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของผลการสำรวจประมาณร้อยละ 5% [4] การสำรวจภาคสนามจึงได้ดำเนินการในช่วงฤดูร้อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2558 โดยเป็นไปตามขั้นตอนที่ได้ทำการวางแผนไว้ เริ่มจากการแผ้วถางแนวการสำรวจ การกำหนดจุดวัดค่าด้วยดาวเทียม GPS แล้วทำการวัดค่าเพื่อบันทึกผลข้อมูล
 - 3.1 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ ใช้เครื่องวัดค่าศักย์ไฟฟ้ารุ่น NI USB 6008 ดังรูปที่ 2 เป็นเครื่องมือวัดผลและบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ และขั้วไฟฟ้า Porous Pot ดังรูปที่ 3 ที่เติมด้วยสารละลายจุนสี (Copper Sulfate) แล้วจึงทำการวัดค่าจำนวน 3 แนวของเส้นทางการสำรวจดังรูปที่ 4



รูปที่ 1 วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 2 อุปกรณ์วัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ รุ่น NI USB6008



รูปที่ 3 ขั้วไฟฟ้าแบบ Porous Pot



รูปที่ 4 แนวเส้นทางการสำรวจเพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ

3.2 การสำรวจด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดิน จะทำการติดตั้งขั้วไฟฟ้าที่ทำด้วยเหล็กกล้าปลอดสนิม จำนวน 48 ขั้ว ในระยะห่างทุก 5 เมตร โดยมีแนวการวัดค่าเป็นแนวเดียวกันกับแนวการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติที่อยู่ชิดแนวเขื่อนที่สุด แล้วทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) และค่าแรงดันไฟฟ้า (I) ด้วยเครื่องมือ IRIS R1 Plus ดังรูปที่ 5 โดยจะทำการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในรูปแบบการติดตั้งขั้วไฟฟ้า จำนวน 3 รูปแบบ คือ Wenner Wenner-Schlumberger และ Pole-Dipole หลังจากนั้นจะทำการคัดเลือกรูปแบบการวางขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด เพื่อใช้ในการวัดค่าตลอดแนวการสำรวจ โดยขั้วไฟฟ้าจะต้องติดตั้งในบริเวณที่กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านชั้นดินได้ทุกทิศทาง [5]



รูปที่ 5 การวัดค่าด้วยเครื่องมือ IRIS R1 Plus

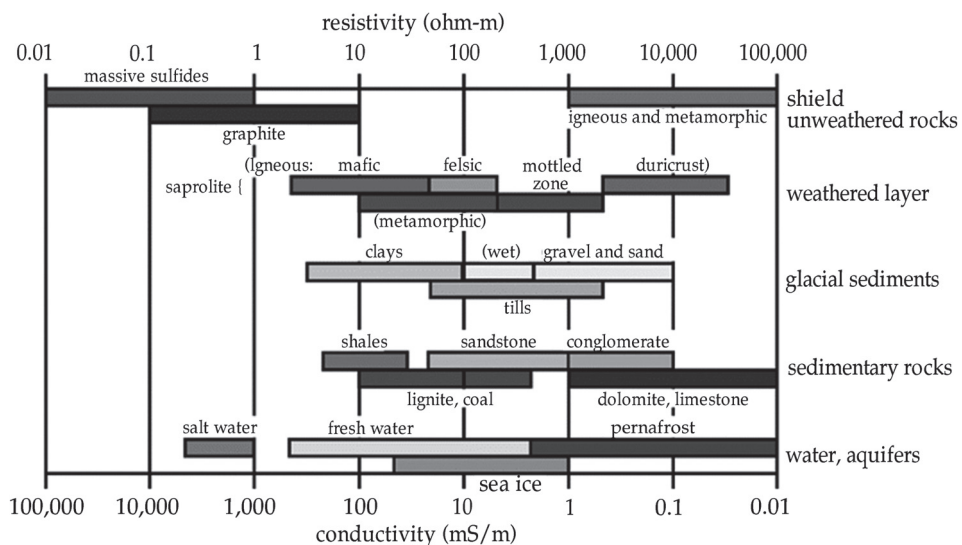
3.3 ในการศึกษานี้ได้ทำการวัดระดับน้ำใต้ดินจากหลุมวัดระดับน้ำที่ได้มีการก่อสร้างไว้ตลอดแนวท้ายเขื่อนด้วยเทปวัดระยะ ดังรูปที่ 6

4. วิเคราะห์ผลการสำรวจ การวิเคราะห์ผลสำรวจด้วยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ จะเริ่มจากการปรับแก้ผลการสำรวจ แล้วจึงทำการแสดงผลการสำรวจที่เป็นการกระจายตัวของค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ตามพิกัดสถานีวัดค่าต่าง ๆ โดยมีลักษณะเป็นพื้นผิวที่เชื่อมโยงทุกจุดที่วัดค่า

4.1 ผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ จะเป็นการแปลความหมายเชิงคุณภาพ โดยขึ้นอยู่กับค่าความผิดปกติของค่าที่วัดได้ โดยหากชั้นดินเป็นวัสดุเนื้อเดียว ค่าที่วัดได้จะมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่หากวัสดุไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ผลที่วัดได้จะมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจบ่งบอกได้ถึงจุดที่บกพร่องหรือเป็นจุดที่มีปัญหาได้



รูปที่ 6 การวัดระดับน้ำใต้ดินด้วยเทปวัดระยะ



รูปที่ 7 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุธรณีวิทยา [6]

4.2 ข้อมูลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดิน จะถูกประมวลผลด้วยโปรแกรม RES2DINV [7] ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทางด้านความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินต่าง ๆ ตลอดจนถึงจุดที่คาดว่าจะเกิดปัญหาการรั่วซึมของน้ำ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงเป็นแนวตัดตามความลึก ซึ่งจะแสดงผลเป็นสีต่าง ๆ ที่แตกต่างกันตามค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน ดังนั้นจะสามารถทำการจำแนกหรือแปลความหมายของผลการสำรวจเป็นแบบจำลองโครงสร้างทางธรณีวิทยาตามคุณสมบัติความต้านทานไฟฟ้าของแต่ละวัสดุที่วัดได้ ดังรูปที่ 7

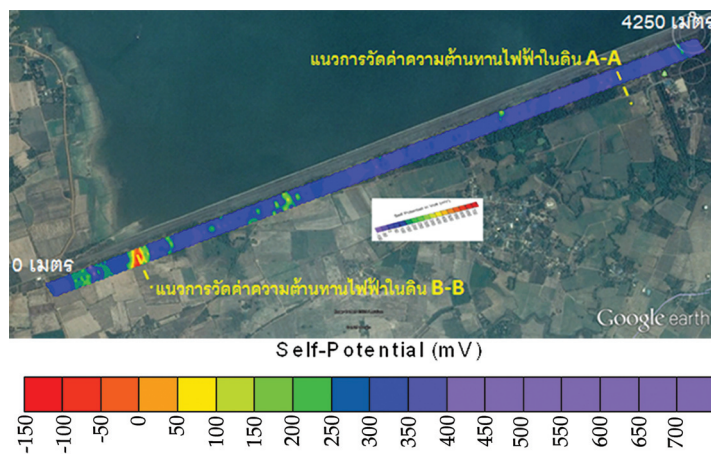
ผลการศึกษา

ผลการศึกษาจะประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติและผลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าใต้พื้นดิน ซึ่งวิธีการทั้งสองมีผลลัพธ์ที่สอดคล้องกันสามารถตรวจสอบซึ่งกันและกันได้ดังนี้

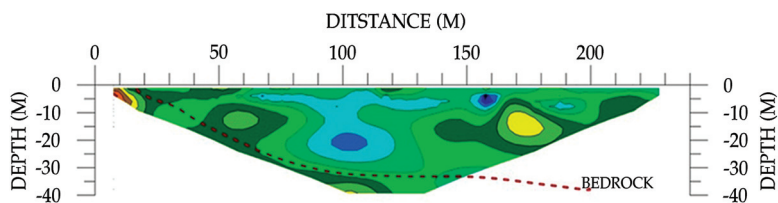
1. ผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติใต้พื้นดิน

จากผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ (รูปที่ 8) และข้อมูลระดับน้ำใต้ดิน (ตารางที่ 1) พบว่ามีค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติปกติอยู่ระหว่าง 250 - 400 มิลลิโวลต์ และมีค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติที่ผิดปกติคือ มีค่าต่ำกว่า 250 มิลลิโวลต์ และมีค่าสูงกว่า 400 มิลลิโวลต์ โดยค่าที่ผิดปกตินี้อาจเกิดจากการไหลซึมของน้ำใต้เขื่อนหรืออาจมีสาเหตุมาจากวัสดุหินหรือหินบางชนิดที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติเฉพาะตัวที่สูง [8]

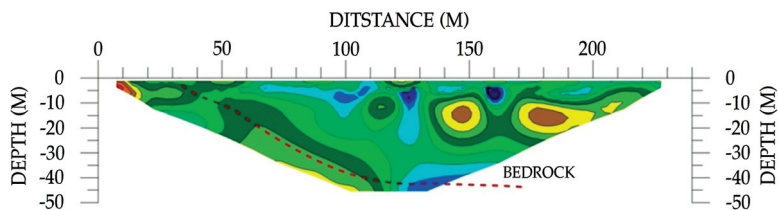
เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ จึงได้มีการวางแผนการสำรวจด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดินเพิ่มเติมในแนวตัดขวาง จำนวน 2 แนว ณ จุดที่มีความเป็นปกติ (แนวการสำรวจ A-A) และผิดปกติของค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติ (แนวการสำรวจ B-B) ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 8 ซึ่งจะได้อธิบายร่วมกับการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าใต้พื้นดินในหัวข้อถัดไป



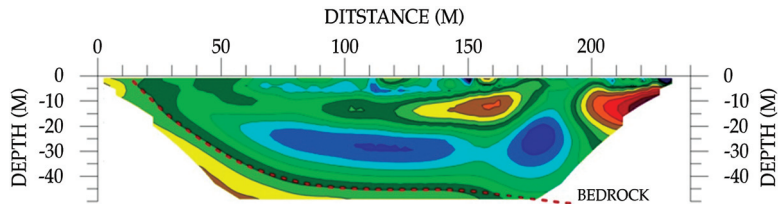
รูปที่ 8 ค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติและแนวการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า



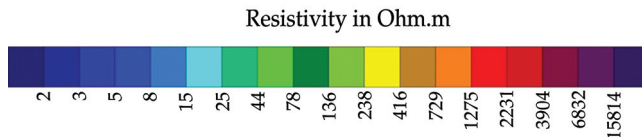
รูปที่ 9 ผลของการสำรวจด้วยการวางขั้วแบบ Wenner



รูปที่ 10 ผลของการสำรวจด้วยการวางขั้วแบบ Wenner-Schlumberger



รูปที่ 11 ผลของการสำรวจด้วยการวางขั้วแบบ Pole-Dipole



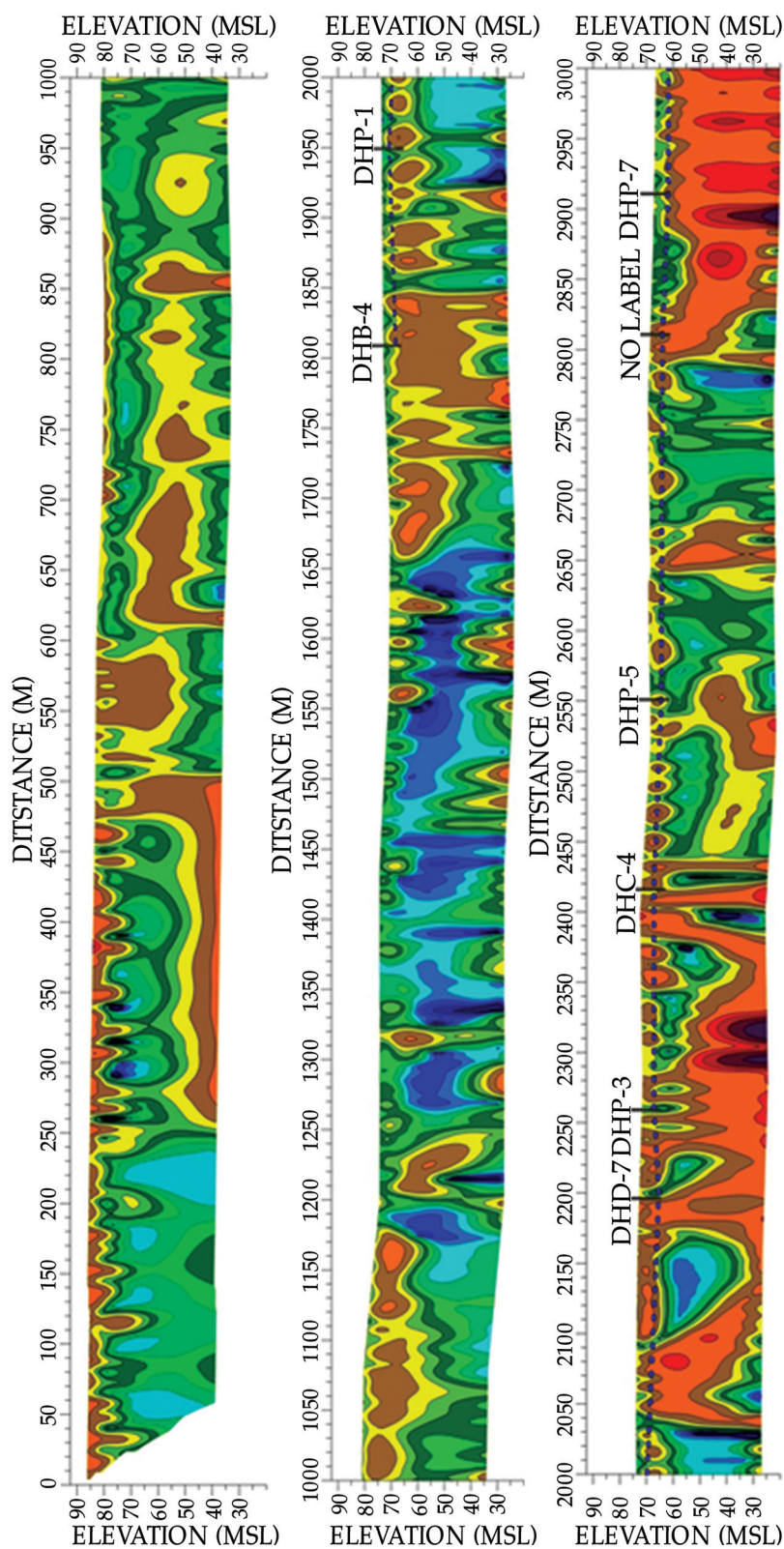
รูปที่ 12 มาตราส่วนค่าความต้านทานไฟฟ้า

ตารางที่ 1 พิกัดของหลุมวัดระดับน้ำใต้ดินและระดับน้ำใต้ดิน (Projection & Datum: WGS84)

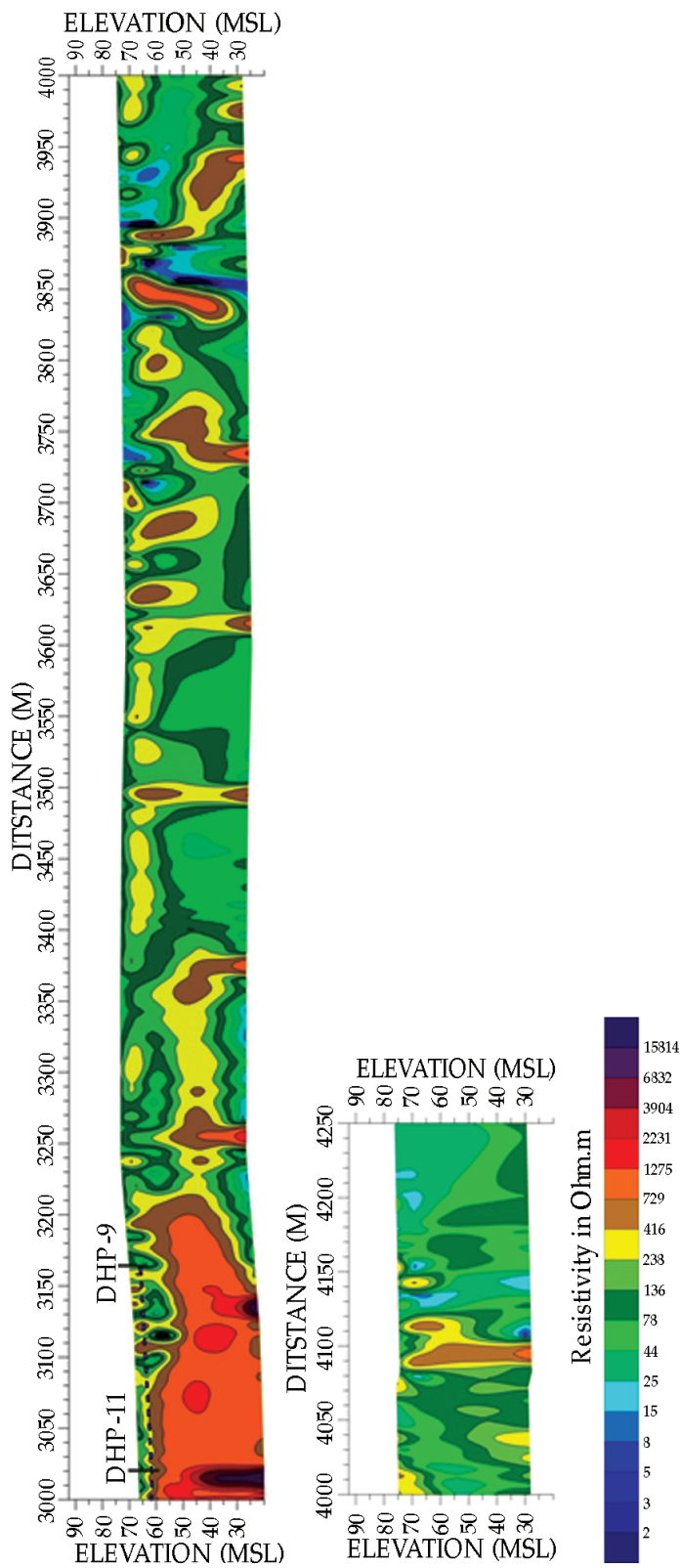
รหัส	ความลึกของน้ำจากผิวดิน (เมตร)	พิกัด	
		East	North
DHP-9	4.87	570921.10	1640113.00
DHP-11	6.32	570787.00	1640058.90
DHP-7	5.29	570689.20	1640021.30
N/A	5.66	570592.10	1639979.60
DHP-5	4.85	570347.20	1639895.50
DHC-4	5.03	570222.00	1639844.50
DHP-3	4.70	570076.70	1639790.90
DHD-7	4.06	570016.90	1639772.30
DHP-1	3.18	569787.10	1639686.20
DHB-4	4.06	569656.80	1639633.00

2. ผลการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าใต้พื้นดิน

จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าด้วยรูปแบบการวางขั้วไฟฟ้าในแบบต่าง ๆ กัน พบว่าผลลัพธ์การวางขั้วไฟฟ้าแบบ Wenner (รูปที่ 9) และ Wenner-Schlumberger (รูปที่ 10) สามารถให้ผลการสำรวจที่คล้ายคลึงกัน ส่วนผลการสำรวจที่ได้จากการวางขั้วไฟฟ้าแบบ Pole-Dipole (รูปที่ 11) มีความคล้ายคลึงกับผลที่ได้จากการวางขั้วไฟฟ้าแบบ Wenner และ Wenner-Schlumberger แต่มีความลึกการสำรวจที่สูงกว่า [9] จึงสามารถแสดงผลของค่าความต้านทานไฟฟ้าประมาณ 175 โอห์มเมตร (รูปที่ 12) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความต้านทานไฟฟ้าของหินปูน (รูปที่ 7) ที่สามารถแสดงเป็นแนวได้อย่างต่อเนื่องและครอบคลุมพื้นที่ในระดับลึกที่กว้างกว่า ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้รูปแบบการวางขั้วไฟฟ้าแบบ Pole-Dipole ในการสำรวจ



รูปที่ 13 ผลการสำรวจด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดิน (ระยะทาง 0 + 000 ถึง 3 + 000)



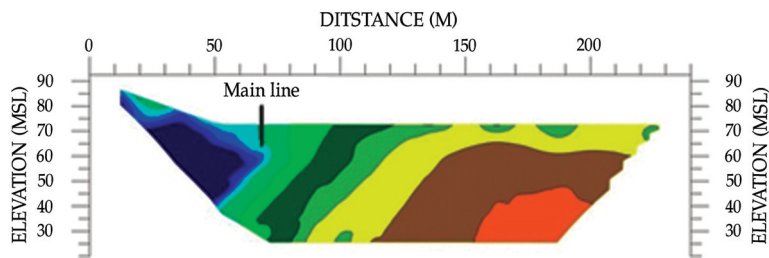
รูปที่ 13 ผลการสำรวจการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดิน (ระยะทาง 0 + 000 ถึง 3 + 000) (ต่อ)

ผลการสำรวจด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า พบว่ามีช่วงค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินอยู่ระหว่าง 1 - 1,500 โอห์มเมตร ส่วนการแสดงผลค่าความต้านทานไฟฟ้าที่สูงกว่านั้นเป็นผลจากสิ่งรบกวน (Artifact) ของระบบการประมวลผล จากผลการสำรวจที่แสดงเป็นภาพตัดชั้นดินแบบ 2 มิติ ดังรูปที่ 9 - 11 สามารถจำแนกได้ถึงแนวการวางตัวของแนวหินฐาน ซึ่งเป็นจุดที่มีค่าความต้านทานที่สูงมากกว่าค่าความต้านทานปกติของสภาพทางธรณีวิทยาทั่วไปที่มีค่าอยู่ระหว่าง 50 - 200 โอห์มเมตร และพบว่าจุดที่อาจเกิดการไหลซึมของน้ำหรือจุดที่ควรใส่ใจเป็นพิเศษ คือในส่วนที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า 3 โอห์มเมตร

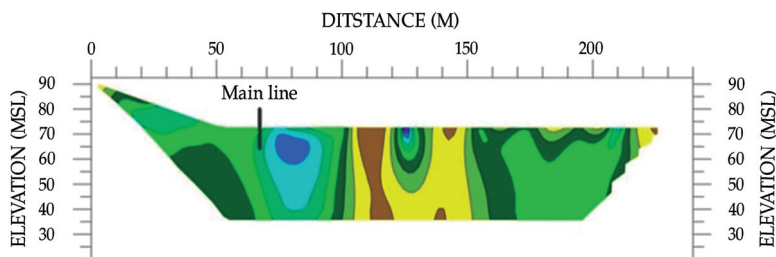
จากผลการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของดินแห้งและดินชุ่มน้ำบริเวณทางระบายน้ำด้านท้ายเขื่อน ดินแห้งมีค่าความต้านทานไฟฟ้า 30 - 75 โอห์มเมตร และค่าความต้านทานของดินชุ่มน้ำมีค่าระหว่าง 1 - 10 โอห์มเมตร และจากประวัติการซ่อมแซมการรั่วซึมของตัวเขื่อนบริเวณตำแหน่ง 1+600 เมตร ดังรูปที่ 13 และตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงจุดที่ทำการศึกษาแล้วพบว่า เป็นตำแหน่งที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ ซึ่งได้ผลที่สอดคล้องกันกับประวัติการซ่อมบำรุงเขื่อนที่เคยผ่านการซ่อมบำรุง ณ บริเวณตำแหน่งนี้มาก่อนแล้ว

ตารางที่ 2 ตำแหน่งและความลึกของจุดที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่า 3 โอห์มเมตร ที่คาดว่าจะเป็นการรั่วซึมของตัวเขื่อน (Projection & Datum : WGS84)

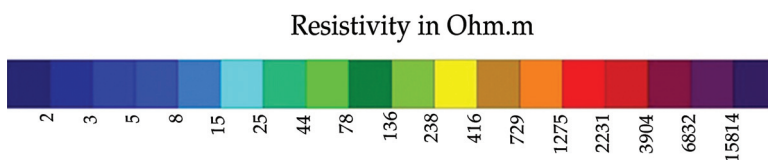
สถานี	ตำแหน่ง		ความลึก (MSL)
	E	N	80
0+260	568187.00	1639119.00	80
0+290 ถึง 0+300	568218.00	1639129.00	80
0+340	568261.50	1639142.33	80
0+390	568310.14	1639162.99	80
1+170 ถึง 1+220	569068.53	1639421.73	50 - 65
1+260 ถึง 1+460	569226.21	1639476.81	60 - 70
1+540 ถึง 1+670	569453.15	1639567.00	65 - 70
1+920 ถึง 1+950	569763.62	1639682.75	30 - 40
2+030	569851.40	1639710.62	60
2+370	570170.36	1639833.34	50
2+390 ถึง 2+400	570189.84	1639837.09	50
2+770 ถึง 2+780	570546.42	1639964.28	30
3+110	570864.48	1640087.42	60
3+710	571423.87	1640310.31	70
3+800 ถึง 3+860	571531.07	1640353.41	75
3+900	571595.09	1640379.16	75



(ก) ผลการสำรวจด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดิน แนวการสำรวจ A-A



(ข) ผลการสำรวจด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดิน แนวการสำรวจ B-B



(ค) มาตรฐานค่าความต้านทานไฟฟ้า

รูปที่ 14 ผลการสำรวจด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดินแนวการสำรวจเพิ่มเติม

จากรูปที่ 14 แสดงให้เห็นถึงผลการสำรวจด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในดินตามแนวการสำรวจเพิ่มเติม A-A และ B-B พบว่า แนวสำรวจ A-A (ให้พิจารณาจากแนว Main Line ไปทางขวามือ คือระยะ 70 - 240 เมตร) ซึ่งมีค่าศักย์ไฟฟ้าปกติก็จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ปกติเช่นกัน ในขณะที่แนวสำรวจ B-B มีค่าศักย์ไฟฟ้าที่ต่ำผิดปกติ ปรากฏที่ระยะ 80 และ 125 เมตร ซึ่งจากภาพตัดจะพบค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ต่ำกว่าปกติเช่นกัน ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าการสำรวจด้วยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติมีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการสำรวจด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าได้พื้นดิน นอกจากนี้ ผลการศึกษาที่แสดงในตารางที่ 2 เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับรูปที่ 13 จะพบว่าตลอดแนวสันเขื่อนที่ระยะเริ่มต้นจนถึงแนวสันเขื่อน ซึ่งมีความยาวเท่ากับ 4,250 เมตรนั้น ชันได้ดินเกิดตาน้ำหรือจุดชุ่มน้ำที่ใดบ้าง ซึ่งเทคนิคการสำรวจและวิเคราะห์ผลการศึกษานี้จะเกิดประโยชน์ต่อแนวทางในการซ่อมบำรุงเขื่อนต่อไป

สรุปผลการศึกษา

การประยุกต์ใช้เทคนิคการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติร่วมกับการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าได้พื้นดินสามารถระบุจุดรวมถึงพิกัดความลึกที่อาจเกิดการรั่วซึมของน้ำจากภายในเขื่อนได้ เป็นวิธีที่ทำงานได้

อย่างแม่นยำเชื่อถือได้ ประหยัดแรงงานและงบประมาณสำรวจ ตลอดจนสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานได้ ซึ่งผู้เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการเขื่อนสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูล รวมถึงแนวทางในการวางแผนการบำรุงรักษาเขื่อนได้ต่อไป ทั้งนี้อาจดำเนินการตรวจสอบในทางวิศวกรรมร่วมกับวิธีอื่น ซึ่งมีใช้อยู่ก่อนแล้วตามแนวปฏิบัติแบบปกติต่อไป สำหรับการนำกรณีศึกษาเขื่อนกระเสียวไปใช้กับเขื่อนอื่นนั้น สามารถทำได้จากการเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุธรณีวิทยา [6] ประกอบกับการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของดินแห้งและดินชุ่มน้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษานั้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากระเสียว กรมชลประทาน ตำบลด่านช้าง อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่สนับสนุนข้อมูลทางวิศวกรรมและสถานที่ในการวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

References

- [1] Royal Irrigation Department. (2011). Dam Assessment by Condition Index Method. Access (10 January 2015). Available (<http://www.water.rid.go.th/damsafety/document>)
- [2] Agriculture Office Suphan-Buri Province. (2013). Information Cultivation. Access (15 February 2015). Available (<http://www.suphanburi.doe.go.th>)
- [3] Department of Mineral Resources. (2007). Geological Map Suphan-Buri Province. Access (15 January 2015). Available (www.dmr.go.th)
- [4] Salam, M.A., Rahman, Q.M., Ang, S.P. and Wen. F. (2015). Soil Resistivity and Ground Resistance for Dry and Wet Soil. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*. Vol. 10. No. 15. pp. 1-8
- [5] Wiwattanachang N. and Giao P.H (2011). Monitoring Crack Development in Fiber Concrete Beam by Using Electrical Resistivity Imaging. *Journal of Applied Geophysics*. Vol. 75. pp. 294-304
- [6] Palacky, G.J. (1987). Resistivity Characteristics of Geologic Targets, in Nabighian, M.N., ed., *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics Theory*: Tulsa, Okla., Society of Exploration Geophysicists. Vol. 1. pp. 53-129
- [7] Loke, M.H. (2014). RES2DINV Program. Access (30 January 2015). Available (<http://www.geoelectrical.com>)
- [8] Corry, C.E. (1985). Spontaneous Polarization Associated with Porphyry Sulfide Mineralization. *Geophysics*. Vol. 50. pp. 1020-1034
- [9] Loke, M.H. (2010). Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys. Access (23 January 2015). Available (<http://www.geoelectrical.com>)