การติดตาม ตรวจสอบ ลักษณะการยุบตัวของโพรงใต้ผิวดิน ด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

Monitoring of Subsurface Cavity Collapsed into a Sinkhole with Resistivity Survey

เพียงตา สาตรักษ์ (Peangta Satarugsa)* ณัฐวุฒ มีสวัสดิ์ (Nutthawut Meesawat)**
สิริศาสตร์ ยังแสนภู (Sirisart Yongsanpoo)** เด่นโชค มั่นใจ (Denchoke Murnjai)***

บทคัดย่อ

การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบ 2 มิติ เพื่อการติดตาม ตรวจสอบ ลักษณะโพรงใต้ผิวดินที่เกิดจากการสูบน้ำเกลือในพื้นที่ที่ปรากฏของหลุมยุบบ้านโนนแสบง และบ้านบ่อแดง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร สำหรับการสำรวจบริเวณพื้นที่บ้านโนนแสบง พบลักษณะค่าความผิดปกติของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะได้ชัดเจนในบริเวณใต้ผิวดินที่ก่อให้เกิดการยุบตัว และลักษณะใต้ผิวดินหลังการยุบตัวซึ่งต่อมาได้มีการนำดินมาถมหลุมยุบ สำหรับการสำรวจบริเวณพื้นที่บ้านบ่อแดง พบเฉพาะการขยายตัวกว้างมากขึ้นของหลุมยุบบนผิวดิน แต่ไม่พบการขยายตัวมากกว่าเดิมขึ้นของโพรงใต้ผิวดิน และโพรงใต้ผิวดินที่พบมีลักษณะที่สามารถจะทำให้เกิดหลุมยุบในรัศมีที่กว้างประมาณ 60-80 เมตรได้ในอนาคต ต่อเนื่องจากหลุมยุบในปัจจุบันที่มีรัศมีประมาณ 30 เมตร ซึ่งแสดงว่าลักษณะโครงสร้างของสภาพใต้ผิวดินที่ถูกทำลายเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นบริเวณนี้จะยังคงมีการยุบตัวอีกต่อไป และการยุบตัวของหลุมยุบบ้านโนนแสบงจะมีอัตราการขยายตัวได้รวดเร็วกว่าหลุมยุบบ้านบ่อแดง เพราะมีอัตราการสูบน้ำเกลือมากว่า ดังนั้นการที่จะควบคุม ดูแล หรือจัดระเบียบการทำนาเกลือในพื้นที่บริเวณนี้ ควรมีการศึกษา วิเคราะห์ และประเมินผลดีและผลเสียในด้านอื่น ๆ เพื่อนำมาแก้ปัญหาที่เหมาะสมต่อไป แต่หากจะแก้ปัญหาของหลุมยุบเพียงอย่างเดียว วิธีที่ดีคือการควบคุมการสูบน้ำเกลือ ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ และหากยังไม่หยุดการสูบน้ำเกลือ บริเวณพื้นที่บ้านโนนแสบง บ้านเรือนที่ตั้งใกล้เคียงบริเวณหลุมยุบ และแนวแตกควรลื้อถอนออกไป เพื่อความปลอดภัยของชีวิต และทรัพย์สิน รวมทั้งควรปิดเส้นทางสัญจรของถนนที่มีหลุมยุบปรากฏอยู่

Abstract

This study was conducted to assess the possibility of monitoring of subsurface cavities collapsed into a sinkhole with 2D resistivity imaging. Series of 2D resistivity profiles were collected at different times over 2 years' monitoring of nearby sinkhole surface expression and sinkhole-prone areas at Ban Non Sa Bang and Ban Bo Dang, Changwat Sakol Nakorn. We were able to acquire resistivity data along the profile before and after the collapse a subsurface cavity. These results confirm our earlier prediction of the sinkhole-prone area along the profile. The subsurface cavity can be considered as a lateral anomaly in a homogenous medium. An anomalous zone of the cavity can be distinguished as a very low to the lowest resistivity zone that is surrounded by the higher background resistivity. After the sinkhole was filled with soils, an anomalous zone of the fill appears to have higher resistivity surrounding the lower resistivity zone. In the results from the nearby sinkhole surface expression area at Ban Bo Dang over the 2 years' monitoring, we found expansion of the sinkhole surface exposure without no subsurface cavity expansion. Thus, in consideration of a relief of the fear of cavity collapsed into the sinkhole, a pumping brine groundwater need to be forbidden or re-evaluated. So long as the salt producers continue brine pumping, the subsurface cavities will expand and collapse into sinkholes. In order to prevent the loss of lives and properties of people, the people who live nearly by the sinkhole located along the road at Ban Non Sa Bang need to move out and the road need to be closed.

คำสำคัญ : โพรงใต้ผิวดิน เกลือหิน การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
Keywords : sinkhole, rock salt, resistivity survey

* *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี*
** *นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี*
*** *นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี*

บทนำ

เกลือเป็นทรัพยากรที่มีปริมาณมากมายมหาศาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่เป็นที่ทราบกันดีว่าการนำเอาเกลือขึ้นมาใช้โดยการทำนาเกลือในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ผลกระทบของความเค็มต่อการปนเปื้อนในแหล่งน้ำจืดที่อยู่ผิวดินและใต้ดิน ก่อให้เกิดสภาพดินและน้ำเสื่อมโทรม เนื่องจากความเค็มได้แพร่กระจายออกไป นอกจากนี้ยังทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพจิตใจและความเป็นอยู่ของประชาชนผู้ที่มีที่อยู่อาศัยใกล้แหล่งทำนาเกลือ เนื่องจากหวาดกลัวต่อการยุบตัวของแผ่นดินที่เกิดจากโพรงเกลือใต้ผิวดินว่าจะมีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะเกิดการยุบตัวดังที่กล่าวไว้ในตำนานการเกิดหนองหาร สกลนคร และหนองหาน กุมภวาปี อุดรธานี

การทำนาเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยกระบวนและกรรมวิธีที่ผลิตที่เรียกว่า “การทำนาเกลือ” ที่ถือปฏิบัติตามพระราชบัญญัติโรงงานปี พ.ศ. 2535 เป็นทั้งการทำลายสภาพแวดล้อมให้เสื่อมโทรมไปโดยเร็ว และเป็นทั้งการสร้างความเดือดร้อนให้กับประชาชนชาวตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งปัญหาเกี่ยวกับการทำนาเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้มีมานานดังเช่น จากบทความเรื่อง “สภาพปัญหา และมาตราการแก้ไขปัญหาการทำนาเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” ของ ศาสตราจารย์ ดร. ปริญญา นุตาลัย และ วันชัย โสภณสกุลรัตน์ ที่ได้เขียนขึ้นเพื่อประกอบการสัมมนาเรื่อง “ปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อทำการทำนาเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” ต่อคณะกรรมการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม สภาผู้แทนราษฎร ในปี พ.ศ. 2533 แม้เวลาจะผ่านมากว่า 10 ปี สภาพปัญหาการทำนาเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ยืดเยื้อมานานก่อนหน้านั้นก็ยังปรากฏอยู่จนกระทั่งทุกวันนี้ และแม้ว่ามาตราการแก้ไขปัญหาเคยเสนอมาแล้ว เพื่อให้หาทางป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการทำนาเกลือ แต่รัฐก็ยังไม่ได้ดำเนินการอย่างจริงจัง-ต่อเนื่องพอที่จะทำให้สภาพปัญหานั้นหมดไป ไม่สามารถทำให้ผู้ประกอบอาชีพทำนาเกลือและเกษตรกรรมอยู่ร่วมกันได้อย่างสงบสุข อีกทั้งปัญหาการแพร่กระจายตัวของดินเค็มและน้ำเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังมีรายงานว่ามีการขยายตัวมากขึ้นตามลำดับ (ศูนย์วิจัยน้ำใต้ดิน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543)

เพียงตา สาตรักษ์ และคณะ (2544, 2545, 2546) ได้ประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อตรวจหาโพรง และชั้นเกลือหิน ซึ่งพบการว่าสำรวจด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสามารถนำมาใช้ตรวจสอบลักษณะโพรงใต้ผิวดินได้ และได้ทำการสำรวจในพื้นที่มีการปรากฏของการยุบตัว และบริเวณใกล้เคียงที่คาดว่าน่าจะมีโพรงใต้ผิวดิน ดังนั้นการศึกษาในบทความนี้เป็นการติดตาม ตรวจสอบลักษณะ ขนาด หรือการขยายตัวของโพรงใต้ผิวดินต่อเนื่องจากการศึกษาของ เพียงตา สาตรักษ์ และคณะ (2545) โดยได้ทำการเก็บข้อมูลซ้ำในช่วงต่างเวลากัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงใต้ผิวดิน

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาประกอบด้วย 1) ติดตามดูลักษณะการยุบตัวของโพรงที่ปรากฏให้เห็นที่ผิวดินในพื้นที่ที่บ้านโนนแสบง และบ้านบ่อแดง จังหวัดสกลนคร 2) สร้างรูปจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาทำนายลักษณะของความผิดปกติของรูปร่างโพรงของพื้นที่ศึกษา 3) สำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะในช่วงเวลาต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ได้เลือกเป็นกรณีศึกษาที่บ้านโนนแสบง (รูปที่ 1 ก) และบ้านบ่อแดง (รูปที่ 1 ข) และ 4) วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลจากสำรวจในสนามในช่วงเวลาต่าง ๆ

ในการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะใช้เครื่อง Resistivity รุ่น Syscal R1 Plus ส่วนการแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนำมาแปลความหมาย โดยการสร้างภาพของข้อมูลในรูปpseudosection โดยใช้โปรแกรม RES2DINV (Loke, 1999) เพื่อช่วยสร้างเส้นความสูง-ต่ำของค่าความต้านทานไฟฟ้า และวิเคราะห์หาค่าความผิดปกติที่เกิดจากธรณีวิทยาใต้ผิวดินจากเส้นความสูง-ต่ำของค่าความต้านทานไฟฟ้า และ

ใช้โปรแกรม RES2DMOD (Loke, 1999) เพื่อสร้างรูปจำลองทางคณิตศาสตร์และคำนวณค่าความต้านทานจากรูปจำลอง รูปแบบการสำรวจจะเหมือนกับ เพียงตา สาตรักษ์ และคณะ (2545)

ผลการศึกษา

ผลการติดตามลักษณะการขยายตัวของหลุมยุบที่ปรากฏให้เห็นบนผิวดิน

ผลการติดตามการขยายตัวและการเพิ่มจำนวนหลุมยุบในพื้นที่บ้านโนนแสบง และบ้านบ่อแดงพบการเพิ่มจำนวนของหลุมยุบในพื้นที่บ้านโนนแสบงจำนวน 1 หลุม ส่วนบ้านบ่อแดงไม่ปรากฏของการเพิ่มของจำนวนของหลุมยุบ และพบการขยายตัวกว้างมากขึ้นของหลุมยุบเดิมในบ้านโนนแสบงและบ้านบ่อแดง และแม้ว่าหลุมยุบบ้านโนนแสบงจะมีการนำดินมาถม แต่ก็จะมีการยุบตัวอย่างต่อเนื่องในช่วงของฤดูที่อนุญาตให้ทำนาเกลือ

ผลการติดตาม ตรวจสอบลักษณะของโพรงใต้ผิวดิน

รูปที่ 2-5 เป็นตัวอย่างของผลการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ในพื้นที่หลุมยุบบ้านโนนแสบง และบ้านบ่อแดง ที่ได้ทำการสำรวจในช่วงเวลาที่ต่างกัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบ การขยายตัวของโพรงใต้ผิวดิน

รูปที่ 2 เป็นหลุมยุบบริเวณบ้านโนนแสบง ซึ่งทำการสำรวจตามถนน ดังแผนที่แสดงในรูปที่ 1 (ก) ระยะความยาวของแนวสำรวจ 340 เมตร เก็บข้อมูลแบบ Dipole-Dipole มีระยะห่างสถานี 10 เมตร และ a = 10, 20, 30, ..., 100 ในขณะที่สำรวจยังไม่ปรากฏว่ามีหลุมยุบในบริเวณถนน และข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่เพียงตา สาตรักษ์ และคณะ (2545) ได้สำรวจไว้แล้ว แนวของรอยแตกของหลุมยุบที่อยู่ใกล้เคียงแสดงในภาพพบตำแหน่งค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ ที่คาดว่าจะเป็นโพรง 2 ตำแหน่ง โดยที่ เพียงตา สาตรักษ์ และคณะ (2545) ได้คาดการณ์ล่วงหน้าไว้แล้วว่าจะมีการยุบตัวเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งปรากฏว่าเป็นจริงดังผลที่แสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงหลุมยุบกลางถนน ในแนวเดียวกันกับถนนที่แสดงในรูปที่ 2 (ดูแผนที่ประกอบในรูปที่ 1 (ก)) ภาพถ่ายของหลุมยุบในภาพในรูปที่ 3 ถ่ายก่อนที่จะมีการนำดินมาถมหลุมยุบ และต่อมาได้ทำการสำรวจตามแนวถนนหลังจากที่มีการถมหลุมยุบ แนวสำรวจนี้ทับกับแนวสำรวจเดิมที่ได้ทำมาก่อนการยุบตัว ที่แสดงในรูปที่ 2

เปรียบเทียบผลของการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่างรูปที่ 2 และ 3 จะเห็นบริเวณที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ เป็นวงกว้างมากขึ้น และพบลักษณะของค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงแทรกอยู่บริเวณค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำน่าจะแสดงถึงลักษณะของดินถม ทั้งนี้เพราะดินที่นำมาถมเป็นดินที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าน้ำเค็มและหินดินเหนียว จึงทำให้เห็นลักษณะค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงจากผิวดินวางตัวเป็นรูปทรงกลมแทรกอยู่ภายใต้ค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ (โพรง) ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าการถมดินลงในโพรงนั้นยังไม่สมบูรณ์ ยังมีช่องว่างอยู่อีกมาก (ดูจากภาพจะเห็นแนวทึบสีดำ นั่นคือช่องว่าง หรือบริเวณที่หินดินเหนียวถูกทำลายโครงสร้างไปแล้ว พร้อมที่จะทรุดตัวลงสู่พื้นล่างของชั้นเกลือหินที่ยังไม่ถูกทำละลาย) ดังนั้นในบริเวณนี้จะต้องมีการยุบตัวตามมากอีก ซึ่ง 2 เดือนต่อมาได้ออกไปสำรวจอีกครั้งพบว่าหลุมยุบบริเวณนี้ได้ยุบตัวลงมาอีกและมีการขยายวงกว้างมากขึ้น มีการรื้อถอนบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงออกไป การยุบตัวเกิดได้เร็วเพราะบริเวณใกล้เคียงได้มีการสูบน้ำเกลือขึ้นมาทำนาเกลือ ดินที่นำมาถมจะมีการเคลื่อนย้ายได้ดี เพราะเป็นดินร่วน แตกต่างจากหินดินเหนียวที่เคยมีอยู่เดิมมาก และยิ่งมีแรงสูบน้ำมาก ก็จะยิ่งเคลื่อนหายไปได้อย่างรวดเร็ว

รูปที่ 4 เป็นหลุมยุบบริเวณบ้านบ่อแดง ซึ่งทำการสำรวจตามแนวที่แสดงไว้ในภาพถ่าย หรือในแผนที่รูปที่ 1 (ข) ระยะความยาวของแนวสำรวจ 380 เมตร เก็บข้อมูลแบบ Dipole-Dipole มีระยะห่างสถานี 10 เมตร และ a = 10, 20, 30, ..., 120 เมตร ความกว้างของหลุมยุบ 20 เมตร ในบริเวณนี้ไม่มีการนำดินมาถม จากผลของการสำรวจ ลักษณะของโพรงใต้ผิวดิน

ปรากฏค่อนข้างกว้าง (แนววงรี สีดำในภาพ) ลักษณะของโพรงใต้ผิวดินยังอยู่ในลักษณะเดิม แต่ลักษณะที่ปรากฏให้เห็นที่ผิวดินพบหลุมยุบกว้างขึ้นจากเดิมอีก 10 เมตร สภาพของโพรงใต้ผิวดินบ่งบอกว่าหลุมยุบบริเวณนี้ที่ผิวดินจะปรากฏการขยายวงกว้างได้อีกประมาณ 60-80 เมตร ดังแสดงขอบเขตด้วยเส้นปะในรูปที่ 4 และ 5

อภิปรายผลและเสนอแนะ

หลุมยุบบ้านโนนแสบงและบ้านบ่อแดง

จากผลการติดตามดูการขยายตัวของหลุมยุบและการเพิ่มจำนวนของหลุมยุบพบว่ามีทั้งการเพิ่มจำนวน และการขยายวงกว้างมากขึ้นเรื่อย ๆ ของหลุมยุบ สำหรับหลุมยุบบริเวณบ้านโนนแสบงและบ้านบ่อแดง ในปัจจุบันชุมชนของทั้งสองหมู่บ้านเข้าใจและตอบคำถามที่สงสัยเกี่ยวกับหลุมยุบได้ด้วยตนเองแล้วว่า ***"ถ้าหากมีการสูบน้ำเกลือจากใต้ผิวดินขึ้นมาทำนาเกลือ จะทำให้เกิดหลุมยุบ และหากมีหลุมยุบ จะมีการขยายวงกว้างมากขึ้นตามลำดับ แต่เมื่อหยุดการสูบน้ำเกลือ หลุมยุบนั้นจะคงอยู่สภาพเดิม"***

ดังนั้นโพรงใต้ดินจึงเกิดจากผลของการเจาะบ่อเพื่อสูบน้ำเกลือ เมื่อบ่อสูบน้ำเกลืออยู่ในชั้นเกลือหินหรือรอยต่อระหว่างชั้นเกลือหินและชั้นดินเหนียว ดังนั้นเมื่อทำการสูบอย่างต่อเนื่องกันมาหลายปี ย่อมจะทำให้เกิดการละลายออกไปของเกลือที่อยู่รอบ ๆ เกิดเป็นโพรงในช่วง 3-4 หรือ 5 ปี อาจจะยังไม่เห็นผล แต่ถ้าบ่อนั้นยังมีการสูบต่อเนื่องเรื่อย ๆ โพรงจะขยายตัวกว้างมากขึ้น และเมื่อชั้นดินบนทนต่อการรับน้ำหนักไม่ได้ จะเกิดการยุบตัวตามมา โอกาสที่จะเกิดหลุมยุบจะมีมากขึ้นตามอายุของบ่อสูบและอัตราการสูบ ตำแหน่งหลุมยุบที่จะเกิดใหม่ จึงมีความเป็นไปได้สูงว่า จะต้องเป็นตำแหน่งที่เคยมีหลุมเจาะมาแล้ว และไม่ว่าจะมีการถอนก้านเจาะออกไปหรือไม่มีการถอนก้านเจาะออกไป

เมื่อเกิดการยุบปรากฏให้เห็นที่ผิวดิน แม้จะมีการนำดินมาถม จะไม่ใช่การแก้ปัญหาที่ถาวร หลุมที่เคยยุบอยู่เดิมเมื่อมีการนำดินมาถม ก็จะต้องนำดินมาถมอีกต่อไป ตราบใดที่ยังมีการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้เป็นจำนวนมาก เพราะดินที่นำมาถมเป็นดินร่วน แตกต่างจากสภาพเดิม ที่เป็นหินดินเหนียวเนื้อแน่น อีกทั้งระบบการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่บ้านโนนแสบงจะต่อเนื่องถึงกัน ดังนั้นหากมีบริเวณใดบริเวณหนึ่งสูบน้ำเกลือก็จะเกิดการไหลเชื่อมโยงหากันได้ หากระบบน้ำใต้ดินไม่มีการเชื่อมโยงหลุมยุบก็จะไม่เกิดในที่เดิมหลังจากที่นำดินมาถม ดังนั้นดินถมจะเคลื่อนย้ายออกไปตามระบบการไหลของน้ำใต้ผิวดิน ดินที่ถมจะเคลื่อนย้ายไปพร้อม ๆ กับเกลือที่อยู่บริเวณนั้นละลายออกไปด้วย หลุมจึงเกิดการยุบตัวอย่างต่อเนื่องและขยายตัวกว้างขึ้น และเคลื่อนได้รวดเร็วมากขึ้นเมื่อมีอัตราการสูบน้ำมากขึ้น

สำหรับการป้องกันในระดับเบื้องต้น บริเวณที่เคยมีหลุมเจาะมาก่อน เคยเป็นที่ทำนาเกลือหรือเคยต้มเกลือมาก่อน ควรที่จะหลีกเลี่ยงในการตั้งบ้านเรือนที่อยู่อาศัยหากยังมีการสูบน้ำเกลือ ส่วนพื้นที่บริเวณถนนที่ได้ทำการสำรวจในรูปที่ 2 หรือ 3 ควรหลีกเลี่ยงในการตั้งบ้านเรือนที่อยู่อาศัย เพราะจะมีโอกาสของการยุบตัวเกิดได้อีก อีกทั้งการใช้ถนนในเส้นทางนี้ควรหลีกเลี่ยงหรือปิดเส้รทางสัญจรในบริเวณใกล้เคียงกับหลุม

การติดตามการขยายตัวของโพรง

ในการประยุกต์สำรวจธรณีฟิสิกส์ เพื่อติดตามการขยายตัวของโพรง สำหรับกรณีของบ้านโนนแสบง (รูปที่ 2 และ 3) พบได้ชัดเจน ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ก่อนที่จะเกิดการยุบ และหลังจากการยุบตัวพร้อมกับมีการนำดินมาถม ทำให้มองเห็นลักษณะของดินที่ถมอยู่ในโพรง ซึ่งแสดงด้วยค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง ล้อมรอบด้วยบริเวณที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ บริเวณนี้ควรทำการศึกษาต่อไป ให้ทับกับแนวที่สำรวจเดิม เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนตัวของดินถม และการขยายของโพรง อีกทั้งติดตามบริเวณที่คาดว่าจะมีการยุบตัวที่ปรากฏอยู่ใกล้เคียง จากผลของหลุมเจาะของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ที่ทำการเจาะห่างจากแนวสำรวจในพื้นที่นี้ ~ 30 เมตร และอยู่ในรัศมีของรอยแตก พบเกลือหินที่ความลึก 52 เมตร และไม่สามารถเก็บแท่งเก็บตัวอย่างหินดินเหนียวได้ในช่วง

37-52 เมตร พบเป็นเศษกรวดของหินดินเหนียว ข้อมูลนี้บ่งบอกว่ามีการละลายออกไปของเกลือหินและเกิดเป็นช่องว่างประมาณ 15 เมตร เกลือหินเดิมน่าจะอยู่ที่ความลึก 37 เมตร แต่ถูกทำละลายออกไป จึงเป็นการละลายออกไปในระหว่างช่วงรอยต่อ คล้ายจะเป็นทางน้ำ หรือร่องน้ำวางตัวใต้หินดินเหนียว การทรุดเริ่มก่อตัวที่ความลึก ~37 เมตร

จากรูปที่ 3 รูปร่างของโพรงที่พบค่อนข้างอยู่ตื้นกว่าข้อมูลของหลุมเจาะที่อยู่ห่างประมาณ 30 เมตร และพบอยู่ในหินดินเหนียวอุ้มน้ำ ที่ความลึก 15-30 เมตร จากรูปที่สำรวจได้ไม่พบชั้นเกลือ เพราะเก็บข้อมูลได้ไม่ลึกถึงชั้นเกลือ แต่จากข้อมูลที่สำรวจได้ในปีที่ผ่านได้ พื้นที่บริเวณรอบ ๆ พบชั้นเกลือหินค่อนข้างเปลี่ยนแปลง ความลึกไม่คงที่ มีความลึกอยู่ระหว่าง 35-50 เมตร โพรงที่เห็นในรูปที่ 3 อยู่ในชั้นหินดินเหนียว น่าจะเกิดจากโครงสร้างของหินดินเหนียวบริเวณนี้ถูกทำให้เปลี่ยนลักษณะ มีรอยแตก อันเนื่องมาจากโพรงที่อยู่ลึกลงไป ~37 เมตร และน่าจะเป็นบริเวณที่มีบ่อสูบน้ำเกลือมาก่อน ที่มีการทำลายเนื้อดินโดยการเป่าลม เมื่อสูบน้ำเกลือมานาน และ/หรือมีการถอนก้านเจาะออกไป ทำให้เนื้อดินและหินถูกทำลายโครงสร้างและค่อย ๆ ยุบตัวลงไปในโพรงที่อยู่ลึกกว่าในรูปที่ 3 เช่นที่ความลึก ~37 เมตร (ข้อมูลจากหลุมเจาะที่อยู่ใกล้เคียง) โครงสร้างของชั้นหินดินเหนียวค่อย ๆ ถูกทำลายจากล่างขึ้นสู่ผิวบน ดังนั้นจึงเห็นเป็นลักษณะค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ เป็นรูปทรงกลมหรือทรงรี กรวยการทรุดตัวหรือยุบตัวจะเป็นแนวเดียวกับกรวยน้ำลดของบ่อใต้ดิน (cone of depression) นั่นเอง แต่จะเป็นในลักษณะตรงกันข้าม ถ้าพิจารณาจากผิวดิน นั่นคือจะเห็นการยุบห่างออกจากปากหลุม (คล้ายภาพของกรวยน้ำลดหัวกลับ) แนวสำรวจนี้แม้ว่าต้องการวางแนวให้ยาวเพื่อจะได้สำรวจได้ลึก แต่ไม่สามารถทำได้เพราะมีอุปสรรคเกี่ยวกับการเข้าถึงของพื้นที่เพราะเป็นนาเกลือมีน้ำขัง

ในกรณีของการติดตามหลุมยุบบ้านบ่อแดง บนผิวดินพบว่าความกว้างของหลุมยุบมีการขยายกว้างมากขึ้น (รูปที่ 4 และ 5) ส่วนผลของการวัดความต้านทานไฟฟ้า พบลักษณะของความต้านทานไฟฟ้าต่ำเป็นลักษณะกึ่งวงรี เกลือหินในพื้นที่นี้จากข้อมูลที่สำรวจของเพียงตา สาตรักษ์ และคณะ (2545) อยู่ที่ความลึก ~30 เมตร โพรงจะอยู่ในช่วงรอยแตกของชั้นหินดินเหนียวและเกลือหิน จึงมีความเป็นได้อีกที่ต่อไปบริเวณนี้หลุมยุบบนดินจะขยายตัวกว้างขึ้น ~60-80 เมตร (ตามแนวของเส้นปะที่แสดงขอบเขตในรูปที่ 4 และ 5) ดังนั้นถ้าหากยังไม่มีการหยุดกิจกรรมใด ๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดของการยุบตัว แนวโน้มของการเชื่อมต่อของหลุมยุบไปยังสระน้ำวัดบ้านบ่อแดง (รูปที่ 1 ข) มีความเป็นไปได้สูงมาก อาจจะใช้เวลาประมาณ 5-10 ปี ขึ้นอยู่กับอัตราการสูบน้ำเกลือ หากมีการขยายบริเวณพื้นที่ทำเกลือ และเพิ่มอัตราการสูบมากขึ้น รอยแตกขยายวงกว้างจนเชื่อมกับบริเวณสระน้ำ น้ำในสระน้ำวัดบ้านบ่อแดงอาจจะไม่สามารถกักน้ำไว้ใช้ได้ตลอดปีอีกต่อไป ดังนั้นจึงควรหาทางป้องกันบริเวณนี้หากต้องการรักษาสภาพของสระน้ำวัดบ้านบ่อแดงให้กักเก็บน้ำไว้ใช้ได้ตลอดปี หรือหาแหล่งน้ำใหม่

การสำรวจโพรงด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

ในการประยุกต์สำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อหาโพรงใต้ผิวดิน หรือลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่มีลักษณะค่าความผิดปกติ (anomaly) ในแนวนอน (lateral variation) เช่น รอยเลื่อน หรือ พนัง (dyke) ของหินอัคนี โดยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบ 2 มิติ ในต่างประเทศได้มีการทำอย่างแพร่หลาย (ตัวอย่างเช่น Batayneh, 2001; Griffiths and Barker, 1993; Schoor, 2002; Seaton and Burber, 2002) โพรงที่ใช้ตรวจสอบจะเป็นโพรงที่เกิดจากการละลายของหินปูน หรือโดโลไมต์ (Loke, 1999; Schoor, 2002) ในประเทศไทยยังไม่มีการประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบโพรงเกลือใต้ผิวดิน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เริ่มนำมาประยุกต์ใช้ตรวจสอบโพรง สำหรับในประเทศไทยการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาแบบ 1 มิติ (sounding)

(ตัวอย่างเช่น สืบศักดิ์ ศลโกสุม และคณะ, 2542) การศึกษาแบบ 1 มิติ และต้องใช้การแปลความประกอบค่อนข้างมาก ตรงกันข้ามกับการเก็บข้อมูลแบบ 2 มิติ การแปลความหมายทำได้ง่ายและรวดเร็ว แต่จะต้องเก็บข้อมูลในจำนวนที่มากกว่าการทำแบบ 1 มิติ

จากผลของคณะผู้วิจัยที่ได้ศึกษาโดยใช้รูปจำลองทางคณิตศาสตร์ และผลสำรวจจริงในสนาม ดูรายละเอียดได้จาก เพียงตา สาตรักษ์ และคณะ (2546) บ่งบอกอย่างชัดเจนว่า การแปลความหมายจากค่าความผิดปกติของความต้านทานไฟฟ้า จะต้องทำด้วยความรอบคอบและระมัดระวัง เพราะตัวแปร (parameters) หรือปัจจัย (factors) ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นของหินหรือของดินหรืออื่น ๆ มีหลายปัจจัย (Telford et al., 1990) สำหรับการประยุกต์สำรวจหาโพรง พบว่าว่า ***การสำรวจวัดความต้านทาน ๆ ไฟฟ้า สามารถใช้ตรวจสอบหาโพรงได้เพียงคร่าว ๆ เท่านั้น*** หากต้องการเห็นค่าความผิดปกติของค่าความต้านทานไฟฟ้าในตำแหน่ง ขนาด รูปร่าง ที่ชัดเจนเหมือนจริงทุกประการ การสำรวจด้วยวิธีนี้ทำไม่ได้ โดยเฉพาะตำแหน่งของโพรง พบว่ามีการเคลื่อนจากตำแหน่งที่น่าจะเป็น (รูปที่ 2-5) ดังนั้น เมื่อแปลความหมายควรระมัดระวังเกี่ยวการบ่งบอกตำแหน่ง รูปร่าง และขนาด

ข้อดีของการสำรวจด้วยวิธีนี้คือทำได้รวดเร็ว จึงประหยัดค่าใช่จ่ายในการศึกษา แม้ผลที่ตรวจสอบได้จะให้ผลเพียงคร่าว ๆ ก็ตาม หากมีการเจาะทดสอบในบริเวณที่ตรวจพบเพื่อยืนยัน ลักษณะของสภาพธรณีวิทยาอีกครั้งก็จะช่วยคลายข้อสงสัยได้มากขึ้น และทำให้การแปลความน่าเชื่อถือมากขึ้น แต่การเจาะ โดยเฉพาะหากจำเป็นต้องเจาะเก็บแท่งตัวอย่างและต้องการข้อมูลในแนวนอนและแนวตั้ง (profile) จะเสียค่าใช้จ่ายมากว่าการสำรวจด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์มากเป็นหลายเท่า เพราะจะต้องเจาะหลาย ๆ หลุมเพื่อนำมาเชื่อมโยงข้อมูล ในพื้นที่ที่ศึกษาพบว่ามีความซับซ้อนเนื่องจากอยู่ในตำแหน่งของโดมเกลือ

สรุป

การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อการติดตามตรวจสอบ โพรงเกลือใต้ผิวดินที่เกิดจากการสูบน้ำเกลือในบริเวณที่มีการทำเกลือสินเธาว์ ได้ทำการศึกษาในพื้นที่บางส่วนของ บ้านโนนแสบง และบ้านบ่อแดง จังหวัดสกลนคร ได้ผลดังนี้ (1) ผลจากการติดตามดูการเพิ่มและขยายตัวของหลุมยุบที่ผิวดิน พบการเพิ่มจำนวนของหลุมยุบในพื้นที่บ้านโนนแสบงจำนวน 1 หลุม ส่วนบ้านบ่อแดงไม่ปรากฏของการเพิ่มของจำนวนของหลุมยุบ แต่พบการขยายตัวกว้างมากขึ้นของหลุมยุบเดิมในบ้านโนนแสบงและบ้านบ่อแดง แม้ว่าหลุมยุบบ้านโนนแสบงจะมีการนำดินมาถม แต่ก็จะมีการยุบตัวอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในช่วงของฤดูทำนาเกลือ (2) ผลจากการศึกษาโดยการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะในบริเวณที่ปรากฏของหลุมยุบในพื้นที่บ้านโนนแสบง และบ้านบ่อแดง ด้วยวิธีวางขั้วไฟฟ้าแบบ Dipole-Dipole ซึ่งแนวสำรวจในพื้นที่บ้านโนนแสบงสามารถเก็บข้อมูลของโพรงก่อนการยุบ และหลังการยุบตัวซึ่งต่อมาได้มีการนำดินมาถม พบว่าตามแนวสำรวจแสดงให้เห็นสภาพการเปลี่ยนของค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงที่เกิดจากดินถมล้อมรอบด้วยค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำในพื้นที่ที่เป็นโพรง ส่วนพื้นที่บ้านบ่อแดงพบการขยายตัวกว้างมากขึ้นของหลุมยุบที่ผิวดิน แต่ไม่พบการขยายตัวกว้างมากขึ้นของโพรงใต้ผิวดินของช่วงเวลาที่ใช้การติดตาม 1 ปี และ (3) สาเหตุของการเกิดหลุมยุบบ้านโนนแสบง และบ่อแดงในบริเวณที่เลือกเป็นกรณีศึกษา เกิดจากบริเวณนั้นเดิมน่าจะเป็นบ่อสูบน้ำเกลือเก่าที่ตั้งอยู่บนรอยต่อระหว่างชั้นเกลือหินและหินดินเหนียว เมื่อมีการสูบน้ำเกลือมาก ๆ จึงเกิดโพรงใต้บ่อ เมื่อใช้บ่อเป็นเวลานานและยกเลิกบ่อพร้อมมีการถอนก้านบ่อออกไป ทำให้ดิน-หินถูกทำลายโครงสร้างและยุบตัวลงในโพรง การยุบตัวจะเริ่มจากใต้ผิวดินจากนั้นจะเคลื่อนขึ้นสู่ผิวดิน จึงพบหลุมยุบมีปากแคบที่ผิวดินและขยายวงกว้างที่ใต้ผิวดิน เนื่องจากน้ำเกลือในพื้นที่นี้

มีลักษณะต่อเนื่อง ดังนั้นเมื่อมีการสูบน้ำเกลือบริเวณใกล้เคียงจะเกิดการเคลื่อนย้ายน้ำและตะกอนดิน จึงทำให้เกิดการยุบอย่างต่อเนื่อง ในการแก้ปัญหา และการจัดการเกี่ยวกับการทำนาเกลือในพื้นที่นี้ควรมีการพิจารณา แก้ไขอย่างเร่งด่วน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 คณะผู้ศึกษาขอขอบพระคุณหัวหน้าฝ่ายเหมืองแร่โพแทส อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คณะผู้วิจัยเข้าไปสำรวจในพื้นที่ที่มีอุโมงค์ขุดผ่าน ทำให้สามารถตรวจสอบความแม่นยำของการประยุกต์สำรวจโพรงใต้ผิวดินด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

เอกสารอ้างอิง

เพียงตา สาตรักษ์, สุทาทัด ทองมี, พูนจิตร ไชยทองศรี และ ชัญชนา คำชา. 2544. การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อ ศึกษา หาความลึกของโพรงเกลือ และชั้นเกลือหิน ในบริเวณหมู่บ้านโนนแบง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร. **วารสารวิจัย มข. 6 (1)**: 63-74.

เพียงตา สาตรักษ์, อภิชาต บุตรพิเศษ, ถนัด สร้อยซา และประดิษฐ์ นูเล. 2545. การตรวจหาโพรงและชั้นเกลือหินใต้ผิวดินด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ. **วารสารวิจัย มข.** 7 (2): 22-32.

เพียงตา สาตรักษ์, วินิจ ยังมี, สุรชัย สมผดุง, และ รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล. 2546. **รายงานการวิจัย เรื่อง การประยุกต์ติดตาม ตรวจสอบ โพรงเกลือใต้ผิวดินที่เกิดจากการสูบน้ำเกลือ.** ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์วิจัยน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2543. **รายงานความก้าวหน้า การศึกษา Hydrogeologicalmodel เพื่อการคาดคะเนการกระจายดินเค็มและน้ำเค็มในระยะยาว โครงการโขง ชี มูล.** ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สืบศักดิ์ ศลโกสุม กัมปนาท แหลมพูลทรัพย์ และ อุทร ปรีชาลักษณ์. 2542. **รายงานการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อตรวจสอบโพรงใต้ดินที่เกิดจากการทำนาเกลือ บริเวณบ้านโนนแสบง ตำบลหนองกวั่ง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร.** กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี.

Batayneh, A. T. 2001. Resistivity imaging for near-surface resistivity dyke using tow-dimensional DC resistivity techniques. **Journal of Applied geophysics.** 48: 25-32.

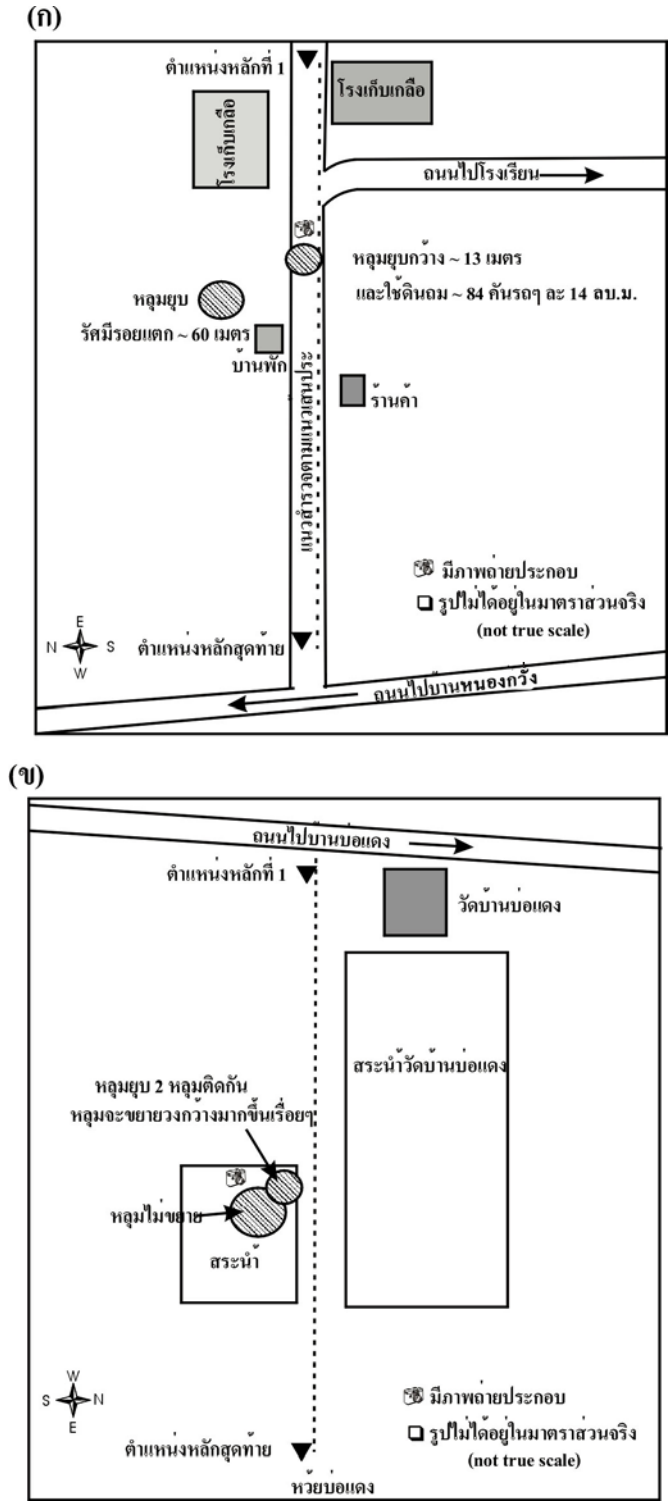
Griffiths, D. H., and Barker, R. D. 1993. Two-dimensional resistivity imaging and modeling in areas of complex geology. **Journal of Applied Geophysics.** 45: 1001-1002.

Loke, M. H., 1999. **Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D survey.** San Jose: Geometrics. Inc.

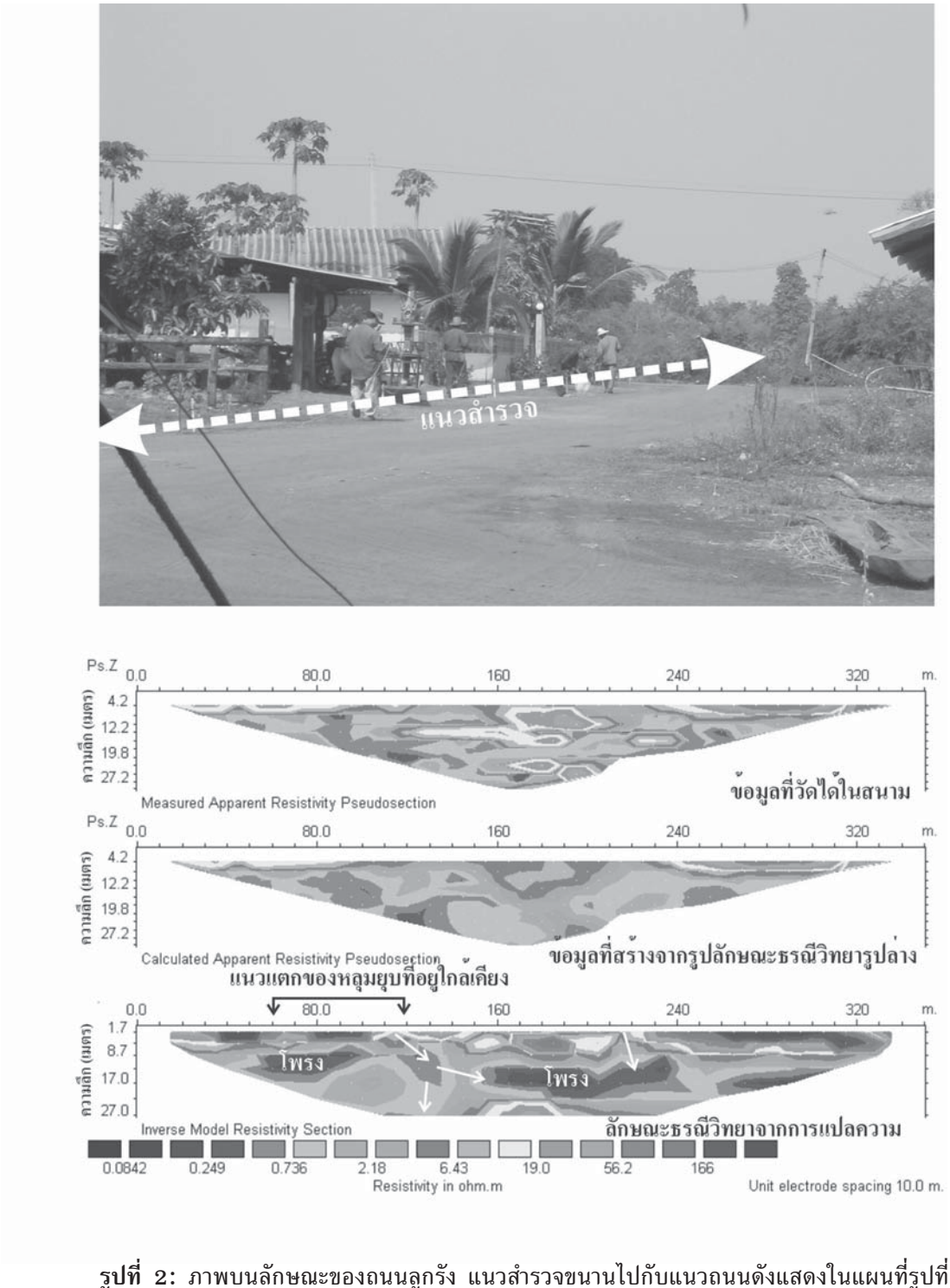
Seaton, J. W. and Burber, J. T. 2002. Evaluation of two-dimensional resistivity methods in a fractured crystalline-rock terrane. **Journal of Applied geophysics.** 51: 21-41.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., and Keys, D.A.1990. **Applied geophysics.** 2nd ed Cambridge: Cambridge University Press.

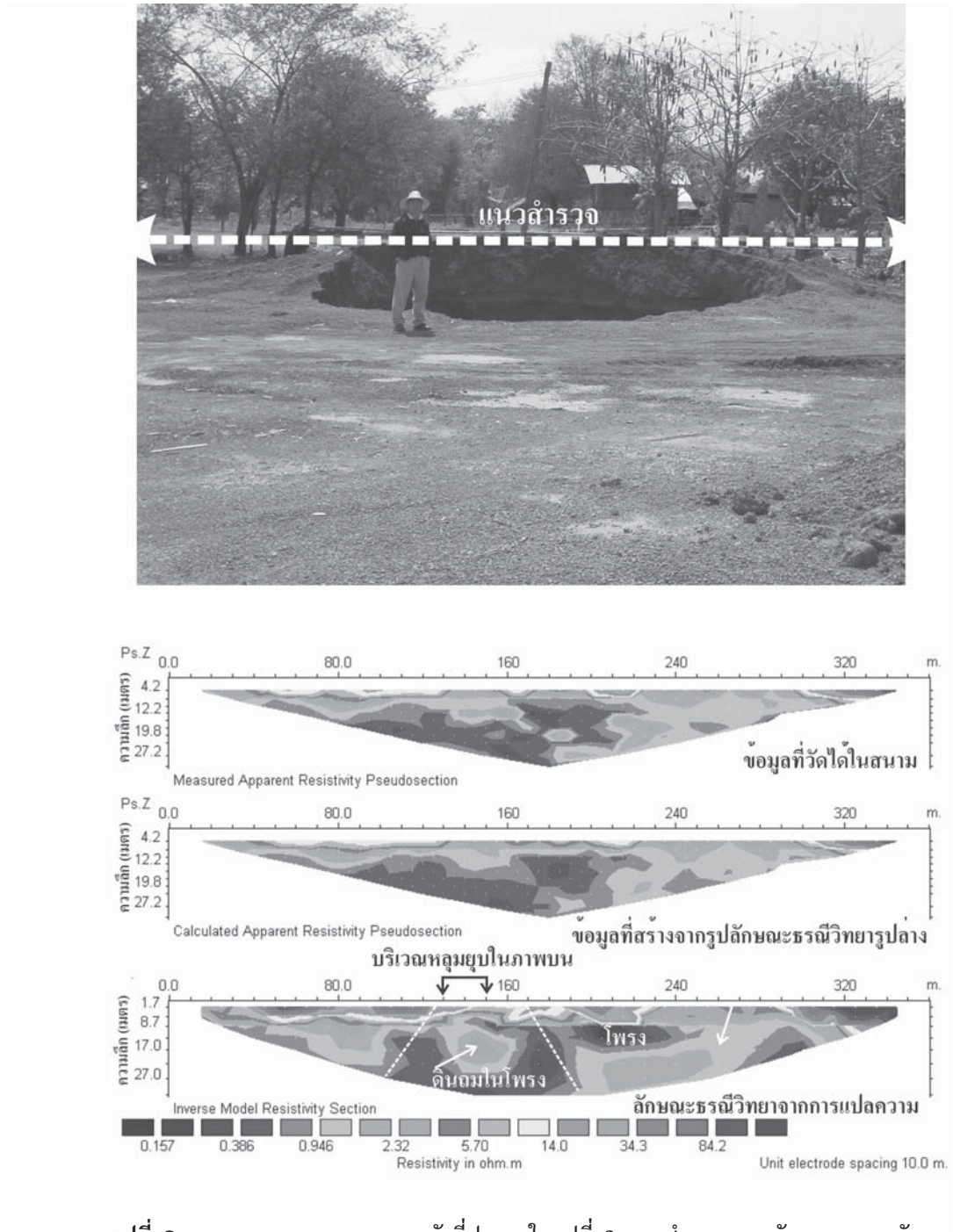
Van Schoor, M. 2002. Detection of sinkholes using 2D electrical resistivity imaging. **Journal of Applied geophysics.** 50: 393-399.



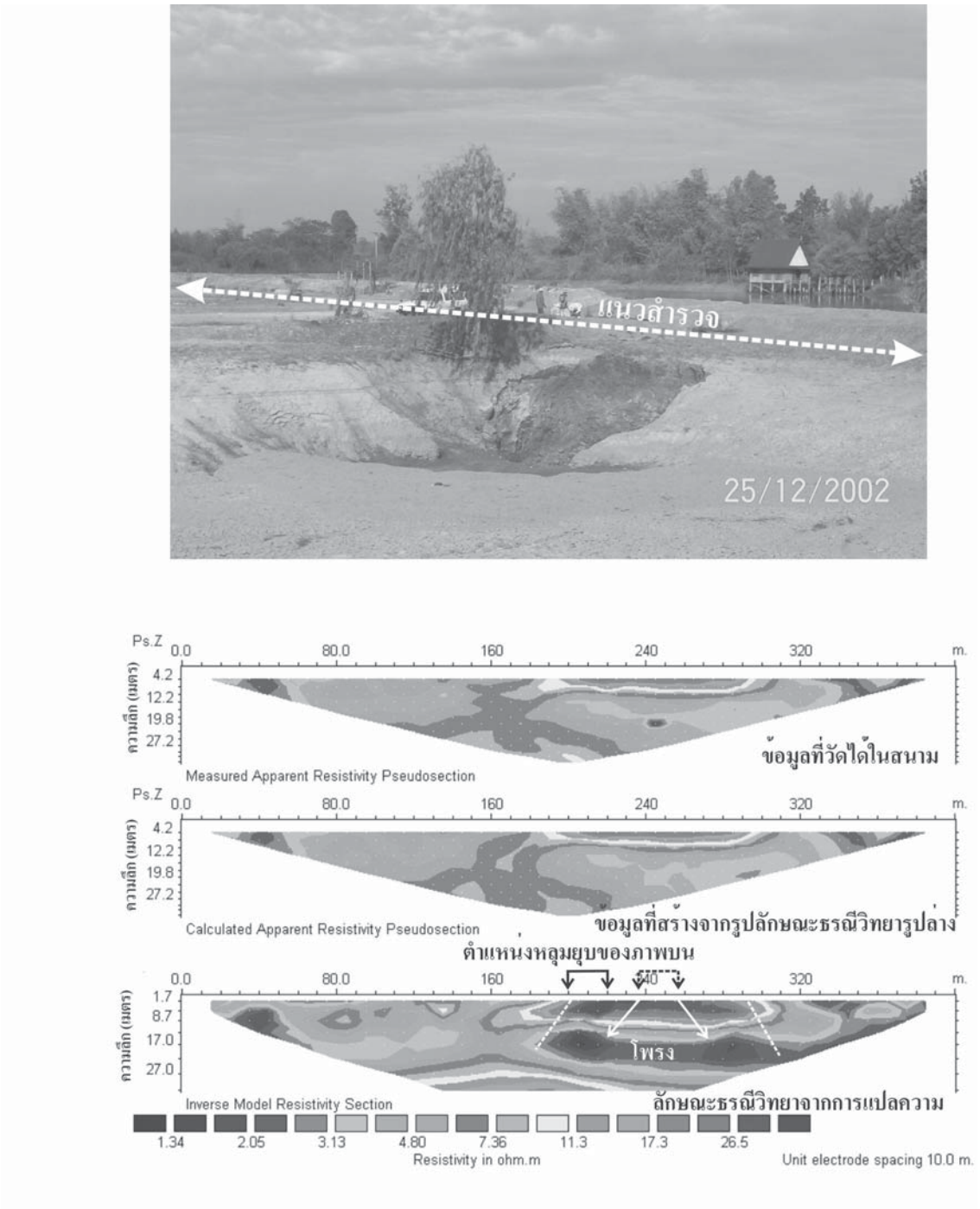
รูปที่ 1: แผนที่แสดงตำแหน่งของแนวสำรวจ (ก) บริเวณบ้าน



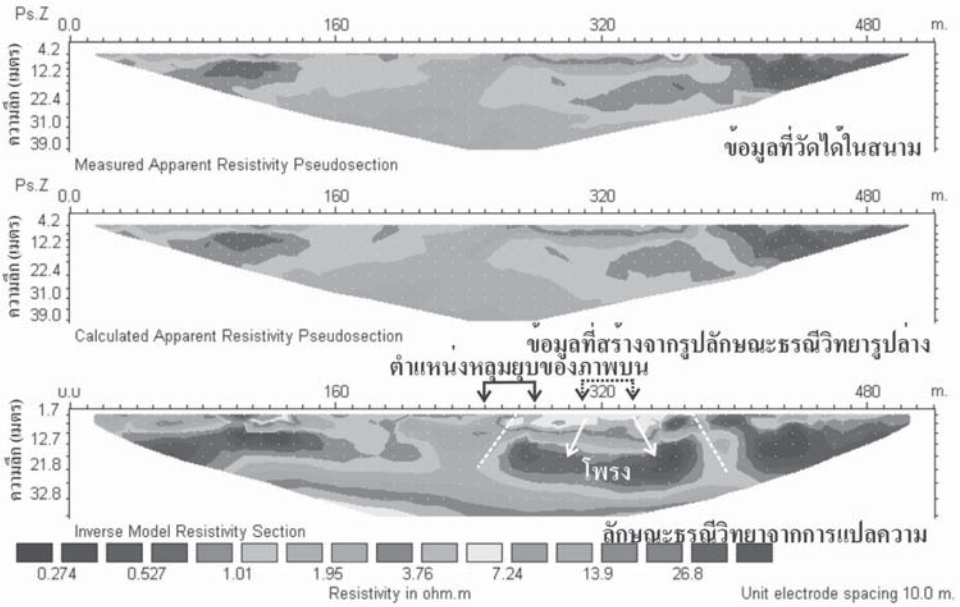
รูปที่ 2: ภาพบนลักษณะของถนนลูกรัง แนวสำรวจขนานไปกับแนวถนนดังแสดงในแผนที่รูปที่ 1 ก รูปล่างเป็นผลการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ จากการวางขั้วแบบ Dipole-Dipole เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2545 บริเวณนี้ยังไม่ปรากฏหลุมยุบที่ผิวดินจากรูปลักษณะธรณีวิทยาของการแปลความจากข้อมูลที่วัดได้ในสนาม พบว่ามีพื้นที่ที่น่าจะเป็นโพรงดังแสดงในรูป



รูปที่ 3: ภาพบนหลุมยุบบนถนนลูกรังที่ปรากฏในรูปที่ 2 แนวสำรวจขนานกับแนวถนนหลังจากหลุมยุบที่ปรากฏในภาพ โดยได้ทำการสำรวจหลังจากหลุมยุบถมไปแล้ว รูปล่างเป็นผลการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ จากการวางขั้วแบบ Dipole-Dipole เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2546 จากรูปลักษณะธรณีวิทยาของการแปลความจากข้อมูลที่วัดได้ในสนาม พบว่ามีลักษณะของดินถมแทรกอยู่ในโพรง ดินที่นำมาถมหลุมประมาณ 84 คันรถ ๆ 14 คิว (ลูกบาศก์เมตร) เส้นประแสดงถึงขอบเขตของหลุมยุบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และความกว้างของหลุมยุบนี้เกิดได้ในรัศมีประมาณ 40 เมตร



รูปที่ 4: ภาพบนหลุมยุบบ้านบ่อแดง อยู่ใกล้กับสระน้ำวัดบ้านบ่อแดง รูปล่างเป็นผลการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ จากการวางขั้วแบบ Dipole-Dipole เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2545 จากรูปลักษณะธรณีวิทยาของการแปลความจากข้อมูลที่วัดได้ในสนาม พบว่ามีลักษณะของโพรงอยู่ใต้บริเวณหลุมยุบ ลักษณะกว้างกว่าความกว้างของหลุมยุบที่ปรากฏให้เห็นที่ผิวดิน ในรูปความกว้างของหลุมยุบประมาณ 20 เมตร เส้นปะแสดงในภาพเป็นขอบเขตของแนวที่จะเกิดการยุบอีกต่อไปในอนาคต



รูปที่ 5: ภาพบนหลุมยุบบ้านบ่อแดง มีลักษณะกว้างมากขึ้นกว่าในรูปที่ 4 สังเกตว่าจะไม่เห็นต้นยูคาลิปตัสที่ปรากฏในภาพถ่ายของรูปที่ 4 เพราะได้ล้มลงไปในแล้ว รูปล่างเป็นผลการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจากการวางขั้วแบบ Dipole-Dipole เก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2546 จากรูปลักษณะธรณีวิทยาของการแปลความจากข้อมูลที่วัดได้ในสนาม พบว่ามีลักษณะของโพรงอยู่ใต้บริเวณหลุมยุบ ลักษณะกว้างกว่าความกว้างของหลุมยุบที่ปรากฏให้เห็นที่ผิวดิน ในรูปความกว้างของหลุมยุบประมาณ 30 เมตร เส้นปะแสดงในภาพเป็นขอบเขตของแนวที่จะเกิดการยุบอีกต่อไปในอนาคต โดยจะปรากฏที่ผิวดินได้ในรัศมีประมาณ 60-80 เมตร