การประยุกต์วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษา หาความลึกของโพรงเกลือ และชั้นเกลือหิน ในบริเวณบ้านโนนแสบง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร

Applied Geophysical Investigation for a Rapid Detection of Sinkhole and Rock Salt Formation in Ban Non Sa Bang, Amphoe Ban Muang, Changwat Sakon Nakhon

เพียงตา สาตรักษ์ (Peangta Satarugsa) สุทาทัด ทองมี (Sutartat Thongmee) ***
*พูนจิตร ไชยทองศรี (Poolchit Chaithongsri) ** ชัญชนา คำชา (Chanchana Khamcha) ***

บทคัดย่อ

การผลิตเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดปัญหาผลกระทบเกี่ยวกับเรื่องสิ่งแวดล้อมตามมาอย่างต่อเนื่อง ปัญหาความวิตกกังวลเรื่องการยุบตัวของโพรงเกลือใต้ผิวดินเริ่มปรากฏ ดังนั้นการทราบถึงระดับความลึก การวางตัว และโครงสร้างของเกลือหิน จึงเป็นประโยชน์ที่จะชี้นำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางแก้ไขที่ถูกต้อง เหมาะสม วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถทราบถึงลักษณะการวางตัวของเกลือหินได้ วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประยุกต์วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อน และการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อตรวจหาความลึกของการวางตัวของโพรงเกลือและชั้นเกลือหิน บริเวณพื้นที่บางส่วนของหมู่บ้านโนนแสบง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร ผลการศึกษาพบว่า การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อน และการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ สามารถหาความลึกของชั้นเกลือหินได้ ไม่พบโพรงเกลือรัศมีขนาด 20-25 เมตร ในบริเวณแนวสำรวจ พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นที่คาดว่าน่าจะเป็นแอนไฮไดรท์หรือยิปซัม การสำรวจด้วยวิธีการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ทำได้รวดเร็ว ประหยัด แต่ต้องนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่น เพราะว่าช่วงความต้านทานไฟฟ้าแต่ละชนิดมีช่วงกว้าง ทำให้การแปลความด้วยข้อมูลนี้เพียงวิธีเดียวคลุมเครือ ส่วนการสำรวจด้วยด้วยคลื่นสั่นสะเทือนให้ผลที่ชัดเจน แต่ค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ควรมีการติดตามและตรวจวัดความลึกของชั้นเกลือในรอบสามปีหรือห้าปีของแนวการสำรวจในครั้งนี้ เพื่อจะทำให้เข้าใจถึงอัตราการสูบน้ำเค็มขึ้นมาผลิตเกลือมีผลต่อชั้นเกลือหินในบริเวณข้างเคียงหรือไม่อย่างไร ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในอนาคตต่อการจัดการเรื่องสิ่งแวดล้อม

Abstract

The severity of problems associated with saline soil and water in the Northeast of Thailand has been increasing due to the lack of environmental consideration. Furthermore, problems associated with subsidence by pumping brine solution have also arisen. Thus a thorough study on subsurface geology in the Northeast region is needed prior to exploiting and the rock salt formation, otherwise the problems may become even more serious. Applied geophysical investigation for a rapid, effective and inexpensive subsurface determination of sinkhole and rock salt formation were experimented in Ban Non Sa Bang, Amphoe Ban Muang, Changwat Sakon Nakhon. The geophysical surveys namely reflection and refraction seismic and resistivity surveys were used. Results from these three surveys revealed depths to the rock salts, but no sinkhole with its radius of 20-25 m could be identified along the survey lines. Only a discontinuity of anhydrite or gypsum layer was found at a shallow depth in some areas. The resistivity survey provided ambiguous interpretation and needed to cross check with those other surveys whereas the reflection seismic survey provided the least ambiguity. However, the reflection survey is the most expensive of all. The survey lines from this study are recommended to conduct within a period of 3 or 5 years for monitoring variations in depth to the rock salts along the survey lines. These results should be valuable and useful in the future assessment of environmental impact.

คำสำคัญ: การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์, เกลือหิน, โพรงเกลือใต้ผิวดิน
Keywords: geophysical investigation, rock salt, sinkhole

* *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
** *นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

ดินเค็มและน้ำเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือภาคอีสาน มีสาเหตุเกิดจาก (1) การกระทำของน้ำบาดาลที่ละลายเกลือหินที่รองรับอยู่ใต้ผิวดิน แล้วนำพาขึ้นสู่ผิวดินตามลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา และ (2) การกระทำของมนุษย์ เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่ขาดการคำนึงถึงผลกระทบจากชั้นเกลือหินที่รองรับอยู่ใต้ผิวดิน หรือ การสูบน้ำบาดาลเค็ม ขึ้นมาเพื่อผลิตเกลือ แล้วปล่อยให้น้ำเค็มบางส่วนรั่วไหลแพร่กระจายออกจากพื้นที่ทำนาเกลือ ธรณีสัณฐานของภาคอีสานเป็นที่ราบสูงซึ่งมีชื่อว่า "ที่ราบสูงโคราช" บริเวณพื้นที่ราบสูงโคราชประกอบด้วยแอ่งกะทะขนาดใหญ่สองแอ่ง คือ แอ่งโคราช และแอ่งสกลนคร ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 50,000 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 34% ของพื้นที่ภาค ใต้ผิวดินของทั้งสองแอ่งบรรจุไปด้วยชั้นเกลือหิน, ชั้นหินดินเหนียว, ชั้นหินดินตาน และอาจจะมีชั้นบาง ๆ (ความหนาประมาณ 0-10 เมตร) ของแอนไฮไดรท์ หรือยิปซัม แทรกระหว่างชั้นหินดินเหนียวของหมวดหินมหาสารคาม (ธวัช, 2528; ปกรณ์, 2538) เกลือหินเหล่านี้พบได้ทั้งในระดับตื้น (5-100 เมตร จากพื้นดิน) และในระดับลึก (มากกว่า 500 เมตร จากพื้นดิน) กระจายทั่วทั้งแอ่ง มีความลึกไม่แน่นอนเนื่องมาจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของเกลือหิน ที่สามารถเคลื่อนไหลได้ง่ายเมื่อมีการสูญเสียสมดุลของแรงกดหรือแรงดันรอบข้าง ทำให้ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้ดินของชั้นเกลือมีความยุ่งยากซับซ้อน แตกต่างจากธรณีวิทยาที่ปรากฏให้เห็นบนผิวดิน

เกลือเป็นสิ่งจำเป็นต่อชีวิตมนุษย์เป็นอย่างมาก จากรายงานของสถาบันเกลือ (Salt Institute, 2000) ได้ประมาณการใช้ประโยชน์จากเกลือของมนุษย์ได้ถึง 14,000 วิธี เช่น ผงซักฟอก สบู่ กระดาษ น้ำยาทำความสะอาด เกลือใช้ปรุงรสหรือถนอมอาหาร ฯลฯ และจากสถิติการผลิตเกลือของทั่วโลกในปี พ. ศ. 2541 มีประมาณ 186 ล้านตัน (Salt Institute, 2000) ตัวเลขปริมาณเกลือสำรองในพื้นที่ภาคอีสานมีประมาณ 18 ล้านล้านตัน (ปกรณ์, 2538) ดังนั้นจึงนับว่าแหล่งเกลือหินในภาคอีสานเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีค่าสิ่งหนึ่ง ก่อให้เกิดอาชีพการทำนาเกลือ และโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เกี่ยวกับการผลิตเกลือหิน แม้พบว่าเกลือหินมีปริมาณมากมายมหาศาลแต่ปัจจุบันประเทศไทยผลิตเกลือขึ้นมาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการภายในประเทศเท่านั้น ยังไม่มีรายงานการส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ และจากตัวเลขประมาณการผลิตเกลือหินในประเทศประจำปี พ.ศ. 2542 มีปริมาณการผลิต 739,502 ตัน คิดเป็นมูลค่า 369.8 ล้านบาท (มยุรี, 2543)

อย่างไรก็ตามการผลิตเกลือหินในพื้นที่ภาคอีสาน ได้สร้างปัญหาต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นปัญหาใหญ่และต้องรีบปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน นอกจากนี้ยังมีปัญหาของความขัดแย้งระหว่างชุมชนผู้ทำนาเกลือกับนาข้าว เนื่องจากใช้เทคนิคการผลิตเกลือที่ขาดความเข้าใจและรับผิดชอบเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำเค็มและดินเค็มเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ภาคอีสาน ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาด้านเกษตรกรรม ดังนั้นเกลือหินในภาคอีสานจึงให้ทั้งประโยชน์และโทษ การที่จะควบคุมให้เกลือหินมีเฉพาะประโยชน์นั้น จะต้องหยุดการแพร่กระจายของน้ำเค็มและดินเค็ม ควรทำการศึกษาปัญหา สาเหตุ และคาดการณ์ การยุบตัวของแผ่นดินจากการสูบเกลือเฉพาะแหล่งนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง

การสำรวจใต้ผิวดินไม่ได้มีเฉพาะเพียงการเจาะหลุมสำรวจหลาย ๆ หลุมเพื่อนำข้อมูลขึ้นมาแปลความหมายเท่านั้น การสำรวจใต้ผิวดินด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์เป็นอีกวิธีที่ใช้ในการสำรวจใต้ผิวดินซึ่งได้มีการทำกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการสำรวจหาแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติก่อนที่จะมีการเจาะหลุมผลิต วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์มีอยู่หลายวิธี การจะเลือกใช้วิธีสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีใด ขึ้นอยู่กับลักษณะธรณีวิทยาองค์ประกอบของดิน หิน แร่ น้ำ หรือสารละลายต่าง ๆ ที่รวมอยู่ในพื้นที่ใต้ผิวดิน การประยุกต์สำรวจทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อใช้ในงานทางธรณีวิทยาอุทกธรณีวิทยาและตรวจหาโพรงเกลือพบว่าประสบ

ความสำเร็จ (ตัวอย่างเช่น Lasreg, 1972; Roy and Elliot, 1980; Steeples; et. al. 1986, Goldman and Neubauer, 1994; Satarugsa and Srisuk, 2000)

บทความนี้นำเสนอนี้ผลสรุปของการศึกษาบางส่วนจากรายงานการวิจัยของ เพียงดา และคณะ (2544) ในการประเมินการประยุกต์สำรวจด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์แบบ (1) การวัดคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน (2) การวัดคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห และ (3) การวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อศึกษาโพรงเกลือและชั้นเกลือหิน และเพื่อเสนอแนะวิธีที่จะทำให้ได้ข้อมูลทางธรณีวิทยาของชั้นเกลือหินได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการสำรวจน้อย โดยใช้พื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่บางส่วนของบ้านโนนแสบง และบ้านใกล้เคียง ตำบลหนองกวั่ง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร เพราะมีหลักฐานการยุบตัวของแผ่นดิน และมีผลของการสำรวจจาก สืบศักดิ์ และคณะ (2542) คาดว่าน่าจะเป็นโพรงเกลืออยู่ใต้ผิวดิน ทั้งนี้ได้ทำการสำรวจในช่วงเดือน ตุลาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2543 และ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544

ทฤษฎีเบื้องต้น

การสำรวจธรณีฟิสิกส์เป็นการตรวจสอบคุณสมบัติองค์ประกอบของสสารต่าง ๆ ที่อยู่ใต้ผิวดิน โดยใช้กฎของฟิสิกส์ เช่น (1) กฎของคลื่นและคุณสมบัติของคลื่น เมื่อคลื่นเดินทางในตัวกลางที่ต่างกันย่อมใช้เวลาในการเดินทางต่างกัน เช่น ถ้าให้คลื่นเดินทางในชั้นเกลือหินย่อมมีความเร็วคลื่นระหว่าง 4,000-5,000 เมตรต่อวินาที (Gardner; et. al. 1974) ต่างจากคลื่นที่เดินทางในชั้นหินดินดานหรือหินดินเหนียวที่มีความเร็วคลื่นระหว่าง 1,500-3,800 เมตรต่อวินาที (Gardner; et. al. 1974) และเมื่อคลื่นเดินทางผ่านตัวกลางที่แตกต่างกันจะมีการสะท้อนและหักเห ปรากฏการณ์ของคลื่นดังที่กล่าวมาแล้วสามารถนำมาประยุกต์สำรวจ เรียกว่า"การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือน" แบ่งออกเป็นสองประเภท คือ แบบสะท้อนและแบบหักเห ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาทั้งสองประเภท เนื่องจากแต่ละวิธีมีขีดจำกัด (2) กฎของโอห์มและคุณสมบัติทางไฟฟ้า โดยที่ถ้าปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในตัวกลางที่ต่างชนิดกัน เมื่อวัดค่าการต้านทานไฟฟ้าจะได้ค่าต่างกัน ดังนั้นหากวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของเกลือหิน หินดินดาน หรือหินดินเหนียว ย่อมได้ค่าความต้านทานไฟฟ้าต่างกัน ซึ่งเกลือหินมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่าง 30-1013 โอห์ม-เมตร และหินดินดานหรือหินดินเหนียว มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะระหว่าง 20-2x103 โอห์ม-เมตร (Telford; et. al. 1990) จากหลักการนี้สามารถนำมาประยุกต์สำรวจ เรียกว่า "การวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ"

วิธีการศึกษา

1. การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อน

การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห ใช้ระยะห่างของตัวรับคลื่น 2, 4, หรือ 7.5 เมตร จำนวน 24 ตัว ในแต่ละแนวมีจุดกำเนิดคลื่นจำนวน 5-11 จุด ใช้ฆ้อนขนาด 5.5 กิโลกรัม ยกกระแทกกับแผ่นเหล็กเพื่อทำให้เกิดคลื่นวิ่งลงสู่ใต้ดิน เมื่อคลื่นเคลื่อนพบรอยต่อระหว่างชั้นหินที่มีความเร็วต่างกันจะสะท้อนและ/หรือหักเห กลับขึ้นมาสู่ผิวดิน สามารถรับคลื่นสะท้อนและ/หรือหักเหโดยตัวรับคลื่นที่วางอยู่บนผิวดิน กรณีที่ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าชั้นหินใต้ผิวดินเป็นลักษณะเรียบ ใช้การประมวลผลและแปลความด้วยวิธี Intercept Time Method กรณีที่พบข้อมูลแสดงให้เห็นว่าชั้นหินใต้ผิวดินเป็นลักษณะขรุขระ ใช้การประมวลผลและแปลความด้วยวิธี Delay Time Method

การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อน ได้ทำการสำรวจโดยให้มีจุดทับร่วมจำนวน 12 ครั้ง กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือทำการเก็บข้อมูลซ้ำกัน 12 ครั้ง ใช้ฆ้อนเป็นตัวกำเนิดคลื่นเช่นเดียวกับแบบหักเห โดยวางระยะห่างระหว่างตัวรับคลื่นและจุดกำเนิดคลื่น 4, 5, หรือ 7.5 เมตร เปิดรับคลื่น 0.5-1 วินาที ใช้ตัวรับคลื่นจำนวน 24 ตัว วางห่างกัน 4, 5, หรือ 7.5 เมตร เป็นแนวเส้นตรง จุดกำเนิดคลื่นแต่ละจุดห่างกัน 4, 5, หรือ 7.5 เมตร ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนำมาประมวล

ผลด้วยโปรแกรม SEISTRIX

เครื่องมือที่ใช้ OYO McSeis-170f with 24 channel and 100 Hz vertical geophone โดยทำการศึกษาแบบสะท้อนจำนวน 6 แนว และแบบหักเหจำนวน 13 แนว ดังแสดงในรูปที่ 1

2. การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะทำการสำรวจบริเวณพื้นที่ศึกษา 2 วิธีคือ (1) การสำรวจเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางแนวดิ่ง โดยการวางขั้วไฟฟ้าของการสำรวจแบบ Schlumberger เพราะต้องการหาโครงสร้างธรณีวิทยาที่มีการเปลี่ยนแปลงในแนวนอนของชั้นหิน เช่น ชั้นดิน-หิน ใช้ระยะห่างของขั้วกระแส (AB/2) 1 เมตร และขยายจนถึง 500 เมตร (2) การสำรวจเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางแนวดิ่ง โดยการวางขั้วไฟฟ้าของการสำรวจแบบ Dipole-dipole ใช้ระยะห่างของขั้วกระแส (a) 50 เมตร และขยายระยะห่างเป็น 100, 150, 250, 350, 450 เมตร หรือ n=2, 3, 5, 7, และ 9 ตามลำดับ เพราะต้องการตรวจหาโครงสร้างธรณีวิทยาที่มีการการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง เช่น โพรงใต้ดิน

เครื่องมือที่ใช้ Syscal R1 Plus ใช้โปรแกรม RINVERT และ RES2DINV ในการแปลความหมายสำรวจโดยการวัดความต้านทานไฟฟ้าในสนาม 5 แนว (รูปที่ 1) ประกอบด้วยจำนวนจุดสำรวจทั้งสิ้น 73 จุด แบ่งเป็นแบบ Schlumberger 39 จุด และแบบ Diploe-dipole 34 จุด

ผลการศึกษา

1. ผลการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อน

ข้อมูลของคลื่นหักเหพบทั้งแบบที่คลื่นเดินทางเป็นเส้นตรงตามรอยต่อระหว่างชั้นดิน-หิน และแบบขรุขระหรือคดโค้ง ตังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2 ผลการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหทั้ง 13 แนว แสดงในตารางที่ 1 พบ (1) ความเร็วคลื่นประมาณ 400-800 เมตรต่อวินาที ของชั้นดิน, (2) ความเร็วคลื่นประมาณ 1,600-2,000 เมตรต่อวินาที ของหินดินดานหรือหินดินเหนียว (Gardner; et. al. 1974), (3) ความเร็วคลื่นประมาณ 2,200-2,800 เมตรต่อวินาที ของหินดินดานหรือหินดินเหนียวที่แข็งหรือหินทรายแป้ง (Gardner; et. al. 1974), และ (4) ความเร็วคลื่นประมาณ 4,000-4,800 เมตรต่อวินาที ของชั้นเกลือ (Gardner; et. al. 1974) ความลึกของชั้นดิน-หินแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ พบความลึกของชั้นเกลือตั้งแต่ระยะประมาณ 50-55 เมตร จากผิวดินลงไป (ตารางที่ 1) เกลือที่พบในแต่ละแนวสำรวจวางตัวเป็นแนวราบ (รูปที่ 3) ส่วนชั้นดินวางตัวราบในบางพื้นที่ (รูปที่ 3 ก และ ข) และขรุขระในบางพื้นที่ (รูปที่ 3 ค และ ง)

ผลของการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนจำนวน 6 แนว ชั้นเกลือหินวางเรียบ เอียงเท และคดโค้งแต่ต่างในแต่ละแนวสำรวจ ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4 ของแนวการสำรวจ SF#1B (ตำแหน่งแสดงในรูปที่ 1) มีแนวสำรวจในทิศทางเหนือ-ใต้ เริ่มจากใต้สถานีอนามัยบ้านหนองกวั่งไปยังบ้านโนนแสบง พบคลื่นสะท้อนที่มาจากชั้นเกลือหินอย่างชัดเจน พบชั้นเกลือที่ความลึกระหว่าง 75-145 เมตร วางตัวเป็นรูปโค้งกะทะหงาย ชั้นเกลือหนาประมาณ 75-85 เมตร (รูปที่ 4 ก) พบของแนวคลื่นสะท้อนที่ระหว่างจุดสำรวจ (SP) ที่ 140-175 (รูปที่ 4 ก และ ข) แปลความหมายว่าน่าจะเป็นชั้นของแอนไฮไดรท์หรือยิปซัม (ความหนาอย่างน้อย 9-14 เมตร คำนวณจากสมการ $h=V/(4*f_c)$ เมื่อ h คือ ความหนาที่น้อยที่สุด; V คือ ความเร็วของชั้นแอนไฮไดรท์หรือยิปซัม, 4,500-6,500 เมตรต่อวินาที และ f_c คือ ความถี่ที่เด่นชัดที่สุดของคลื่น (dominant frequency), 120 Hz (Sheriff and Geldart, (1982)) แทรกอยู่ระหว่างชั้นหินดินเหนียวหรือหินดินดานที่ความลึก 75-90 เมตร

2. ผลการสำรวจและการแปลความหมายข้อมูลจากการวัดความต้านทานไฟฟ้า

ผลการสำรวจโดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวดิ่งแบบ Schlumberger เมื่อนำผลที่ได้จากการแปลความแต่ละจุดในเส้นสำรวจแนวเดียวกันสามารถเขียนเป็นภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาโครงสร้าง

4 แนว ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 5 ของแนวสำรวจ RE#1 จากการศึกษาทั้ง 4 แนว เมื่อแปลความหมายเกี่ยวกับธรณีวิทยาใต้ผิวดินได้โครงสร้างทางธรณีวิทยาได้ 4 ชั้น ประกอบด้วย (1) ความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 10-1,000 โอห์ม-เมตร เป็นชั้นของตะกอนกรวดแห้ง ทรายแห้ง ทรายแป้งปนดินเหนียว และศิลาแลง (2) ความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 1-150 โอห์ม-เมตร เป็นชั้นของตะกอนยุ ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว (3) ความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.1-100 โอห์ม-เมตร เป็นชั้นของดินเหนียวเปียก และทรายเปียกที่มีน้ำเค็ม(4)ความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 1-36,610 โอห์ม-เมตร เป็นชั้นของเกลือหิน

ส่วนการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าแบบ Dipole-dipole ตามแนว RE#3 และ RE#5 (รูปที่ 1) ผลของการแปลความสอดคล้องกับการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าแบบ Schlumberger ไม่พบโพรงเกลือตามแนวสำรวจ และเมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลของการสำรวจคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อนในรูปที่ 4 ผลการแปลความของชั้นเกลือหินค่อนข้างสอดคล้องกัน ดังนั้น การสำรวจหาการวางตัวของชั้นเกลือหินในครั้งต่อไปในพื้นที่นี้ สามารถใช้การสำรวจโดยวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าได้ ซึ่งจะพบลักษณะของค่าความต้านไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นเมื่อเข้าถึงชั้นเกลือ

วิจารณ์และเสนอแนะ

การประยุกต์การสำรวจด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ในครั้งนี้ สามารถหาความลึกของชั้นหินเกลือได้ และไม่พบว่ามีโพรงเกลือรัศมีขนาด 20-25 เมตร อยู่ใต้ผิวดิน พบการขาดหายไปหรือความไม่ต่อเนื่องของชั้นแอนไฮไดรท์หรือยิปซัม ที่แทรกอยู่ในชั้นหินดินเหนียวหรือหินดินดาน (รูปที่ 4) แม้แนวการสำรวจทั้ง 6 แนว ไม่แสดงการขาดหายไปของคลื่นสะท้อนจากชั้นเกลือหินที่หนา น่าจะเป็น เกลือหินชั้นล่าง (ปกรณ์, 2538) สาเหตุหนึ่งของการเกิดหลุมยุบในบริเวณใกล้เคียงที่ปรากฏเป็นข่าว จึงน่าจะเกิดจากการละลายออกไปของชั้นที่อยู่ตื้นกว่าเกลือชั้นล่าง เพราะหากมีโพรงเกลือที่เกิดจากชั้นเกลือหินชั้นล่างถูกทำละลาย น่าจะพบการขาดหายไปหรือความไม่ต่อเนื่องของคลื่นสะท้อน แต่จากตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4 ไม่มีลักษณะของการขาดหายไปแต่อย่างใดของชั้นเกลือหิน

การสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหหรือแบบสะท้อน สามารถหาความลึกของชั้นเกลือได้ หากมีเวลาจำกัดและต้องการทราบเพียงความลึกของชั้นเกลือ การสำรวจแบบหักเหจะเหมาะสม สะดวกและประหยัด เพราะสามารถหาความลึกและตรวจสอบค่าความเร็วของชั้นหินได้ดินได้ โดยที่ถ้าเป็นเกลือหินจะได้ความเร็วคลื่นประมาณ 4,000-4,800 เมตรต่อวินาที ซึ่งนับว่าเป็นลักษณะเด่นของชั้นเกลือหิน ทำให้การแปลความหมายทำได้ด้วยความมั่นใจสูง หากพบความเร็วที่ต่ำว่า 4,000 เมตรต่อวินาที แสดงว่าชั้นหินอยู่ใต้ผิวดินไม่ใช่ชั้นเกลือ ซึ่งน่าจะเป็นเป็นหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดานที่แข็งมาก มีความเร็วประมาณ 2,200-3,500 เมตรต่อวินาที อาจจะมีข้อที่ต้องระวังเมื่อพบชั้นแอนไฮไดรท์ เพราะมีความเร็วใกล้เคียงกับชั้นเกลือหิน (4,500-6,500 เมตรต่อวินาที; Gardner; et. al. 1974) ซึ่งจะแยกเป็นชั้นเกลือหินหรือแอนไฮไดรท์ออกจากกันได้ยากหากได้ค่าความเร็วคลื่นระหว่าง 4,500-5,000 เมตรต่อวินาที ข้อเสียของการสำรวจแบบหักเหคือตรวจหาความหนาของชั้นเกลือไม่ได้ สำหรับการสำรวจแบบสะท้อนใช้เวลาในการสำรวจและแปลความหมายมากกว่าการสำรวจแบบหักเห อีกทั้งต้องการโปรแกรมสำหรับประมวลผล แต่ให้ผลการสำรวจที่ชัดเจนกว่า การแปลความหมายพิจารณาได้จากภาพที่ปรากฏ เมื่อเทียบปริมาณงาน เวลาการสำรวจ และค่าใช้จ่าย วิธีการสำรวจแบบสะท้อนมีสัดส่วนของเวลาและค่าใช้จ่ายในการศึกษามากกว่าแบบหักเห 6-10 เท่า หากทำการสำรวจดัง เช่น Satarugsa and Srisuk (2000) ได้เสนอการสำรวจแบบสะท้อนเพื่อหาความลึกของชั้นเกลือหิน โดยไม่จำเป็นต้องใช้จุดทับร่วม (ไม่ต้องเก็บข้อมูลที่ซ้ำกันถึง 12 ครั้ง) จะทำให้เวลาที่ใช้ในการสำรวจจะลดลงถึง 6 เท่า แต่สาเหตุที่เลือกใช้การสำรวจแบบสะท้อนร่วม 12 ครั้งเพราะพื้นที่ที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีปัญหา ต้องการผลยืนยันที่ชัดเจนปราศจากข้อโต้แย้ง

เดียวกันนี้ในอนาคต โดยเว้นระยะเวลาของการสำรวจทุก ๆ 3-5 ปี เพื่อติดตามการลดระดับความลึกของชั้นเกลือหิน กรณีชั้นเกลือหินมีการถูกทำละลายเป็นอย่างมาก จากการผลิตเกลือในบริเวณข้างเคียง

ข้อสันนิษฐานอีกข้อหนึ่งของการเกิดโพรงระดับตื้น เชื่อว่าน่าจะเกิดจากการสูบน้ำเกลือขึ้นมาใช้มากเกินไป ทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลง เป็นเหตุให้เกิดช่องว่างของอนุภาคของตะกอนในระดับตื้น ซึ่งอาจจะมีตะกอนของทราย ทรายแป้งปนดินเหนียว เคลื่อนไหลออกมากับน้ำเค็มขณะสูบขึ้นมาทำนาเกลือ แต่โพรงที่เกิดไม่ใช่จากโพรงเกลือ หรือหลุมยุบที่ปรากฏเป็นข่าว อาจจะเกิดจากบริเวณหลุมเจาะน้ำเค็มเดิมแต่ได้ปิดบ่อไป ต่อมาจึงเกิดการยุบเนื่องจากเศษของตะกอนถูกสูบขึ้นมาและทำให้เกิดโพรงอยู่ใต้บ่อ หากการเกิดหลุมยุบเนื่องจากโพรงใต้ผิวดิน นำมาซึ่งความเสียหายของทรัพย์สินของประชาชนในพื้นที่ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อชุมชน ควรมีการสำรวจต่อไป ให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหา การสำรวจครั้งนี้ทำเฉพาะที่สาธารณะเท่านั้น ไม่ได้สำรวจในบริเวณที่เกิดการยุบเพราะเป็นที่ส่วนบุคคล

การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการเริ่มต้นหาข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาเกลือและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สิบปีที่ผ่านมา ปริญญา และวันชัย (2533) ได้นำเสนอแนวทางการศึกษาไว้อย่างเหมาะสมและเป็นไปได้ ซึ่งหากได้รับการปฏิบัติในทันที ปัญหาการผลิตเกลือของภาคอีสานจะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลงเป็นอันมาก แต่แนวทางนั้นได้รับการปฏิบัติเพียงส่วนน้อย เป็นการกระทำอยู่กับที่จึงทำให้ปัญหาทวีความรุนแรงขึ้น การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อให้ข้อมูลในการพิจารณาส่วนของธรณีวิทยาเท่านั้น ส่วนการวิจัยเพื่อนำมาซึ่งการแก้ปัญหาในด้านอื่น ๆ ยังต้องการศึกษาในเชิงลึกร่วมกันหลาย ๆ ฝ่ายอีกต่อไป

สรุป

การประยุกต์วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาหาความลึกและการวางตัวของโพรงเกลือและชั้นเกลือหิน ในบริเวณพื้นที่บางส่วนของหมู่บ้านโนนแสบง ตำบลหนองกวั่ง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร ด้วยวิธีวัดคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อน และการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสามารถตรวจสอบหาความลึกของชั้นเกลือทั้ง 3 วิธี พบว่าความลึกของชั้นเกลือส่วนบนที่ระดับตั้งแต่ 50-145 เมตร จากผิวดิน ความหนาของชั้นเกลือประมาณ 75-90 เมตร ผลของการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห ความเร็วของคลื่นสั่นสะเทือนของชั้นเกลือประมาณ 4,000-4,800 เมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของหินดินดานและหินดินเหนียวประมาณ 1,500-2,000 เมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของหินทราย หินทรายแป้ง หรือหินดินดานที่แข็งประมาณ 2,200-2,800 เมตรต่อวินาที ความเร็วเฉลี่ยของชั้นดินประมาณ 400-800 เมตรต่อวินาที ความหนาของชั้นดินพบตั้งแต่ 3-10 เมตร

การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบ่งลักษณะธรณีวิทยาได้ 4 ชั้น ประกอบด้วย (1) ชั้นของตะกอนจำพวก กรวดแห้ง ทรายแห้ง ทรายแป้งปนดินเหนียว และศิลาแลง ความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 10-1,000 โอห์ม-เมตร, (2) ชั้นของตะกอนจำพวกทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 1-150 โอห์ม-เมตร, (3) ชั้นของดินเหนียวเปียก และทรายเปียก ที่มีน้ำเค็ม ความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.1-100 โอห์ม-เมตร, และ (4) ชั้นของเกลือหิน ความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 1-36,610 โอห์ม-เมตร ไม่พบหลักฐานที่แสดงโพรงเกลือขนาดรัศมี 20-25 เมตร ในบริเวณแนวสำรวจ

ปัญหาของหลุมยุบที่เกิดในพื้นที่คาดว่าน่าจะเป็นชั้นแอนไฮไดรท์หรือยิปซัมที่ถูกทำให้ละลายออกไป หรือโพรงของบ่อสูบเกลือเดิมที่ถูกปิดไปแล้ว หรือโพรงจากทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวอ่อนถูกสูบขึ้นมากพร้อมกับน้ำเกลือ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยเงินงบประมาณจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น และเงินงบประมาณบางส่วนจาก คุณธรรมรงค์ อุดมธนานันท์ ศิษย์เก่าภาควิชาเทคโนโลยีธรณี รุ่นที่ 4 คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณ กรมทางหลวงแห่งประเทศไทย ที่อนุเคราะห์ให้ยืมตัวรับคลื่นสั่นสะเทือนเพื่อทำการศึกษา และโครงการ การศึกษา Hydrogeological Model เพื่อการคาดคะเนการกระจายดินเค็มและน้ำเค็มในระยะยาว โครงการโขง-ชี-มูล ที่ให้โปรแกรม SEISTRIX โดยไม่คิดมูลค่าแต่อย่างใด

เอกสารอ้างอิง

ธวัช จาปะเกษตร์. 2528. การสำรวจแร่เกลือหินและโพแทชภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย. ใน เอกสารประกอบการประชุมเรื่อง ธรณีวิทยาและการพัฒนาทรัพยากรธรณีของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น: คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 135-148.

ปกรณ์ สุวานิช. 2538. ความเป็นไปได้ในการผลิตแร่โปแตสในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน เอกสารประกอบการประชุมเรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น: คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 253-287.

ปริญญา นุดาลัย และวันชัย โสภณสกุลรัตน์. 2533. สภาพปัญหา และการแก้ไขปัญหาการทำนาเกลือในภาคอีสาน. ใน เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการทำนาเกลือในภาคอีสาน. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม.

เพียงดา สาตรักษ์ และคณะ. 2544. รายงานวิจัย การประเมินวิธีสำรวจโดยการประยุกต์ด้วยธรณีฟิสิกส์เพื่อตรวจสอบโพรงเกลือและชั้นเกลือหินใต้ผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายในการสำรวจ. ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สืบศักดิ์ ศลโกสุม, กัมปนาท แหลมพูลทรัพย์ และอุทร ปรีชาลักษณ์. 2542. รายงานการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อตรวจสอบโพรงใต้ดินที่เกิดจากการทำนาเกลือ บริเวณบ้านโนนแสบง ตำบลหนองกวั่ง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี.

มยุรี ปาลวงศ์. 2543. เกลือหิน. ใน รายงายวิชาการสถานการณ์แร่ของไทยในรอบ 5 ปี (2538-2542). ฉบับที่ 10/2543. กรุงเทพมหานคร : กองวิชาการและวางแผน กรมทรัพยากรธรณี. 128-132

Gardner, G. H. F., Gardner, L. W., and Gregory, A. R. 1974. Formation velocity and density- the diagnostic basics for stratigraphic traps. Geophysics. 49: 770-80

Goldman, M., and Neubauer, F.M. 1994. Groundwater exploration using integrated geophysical techniques. Surveys in geophysics. 15: 331-361.

Lasreg, H. 1972. Application of surface resistivity to the detection of salt water intrusion in shippegan New Brunswick. Trans Can Inst. Min. Metall. 4: 32-41.

Roy, K.K., and Elliot, H.M. 1980. Resistivity and IP survey for delineating saline water and fresh water zones. Geoexploration. 18: 145-162.

Salt Institute homepage. [cited 10 May 2000]. Available from: URL: http://. www. saltinstitute. org

Satarugsa, P. and Srisuk, K. 2000. Applied geophysics in solving the hydrogeological problems in the Northeast, Thailand. Journal of the Geological Society of Thailand. 1: 19-26.

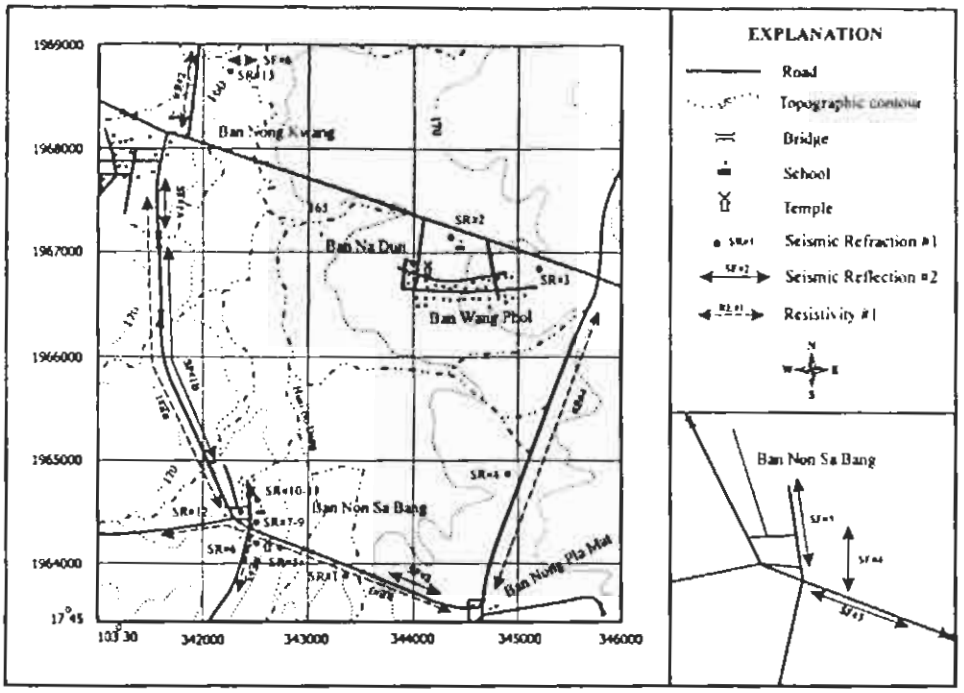
Sheriff, R. E., and Geldart, L. P. 1982. **Exploartion seismology, Volume : History, theory, and data acquisition.** Cambridge: Cambridge University Press.

Steeples, D. W., Knapp, R. W., and McElwee, C. D. 1986. Seismic reflection investigations of sinkholes beneath Interstate Highway 70 in Kansas. **Geophysics.** 51: 295-301.

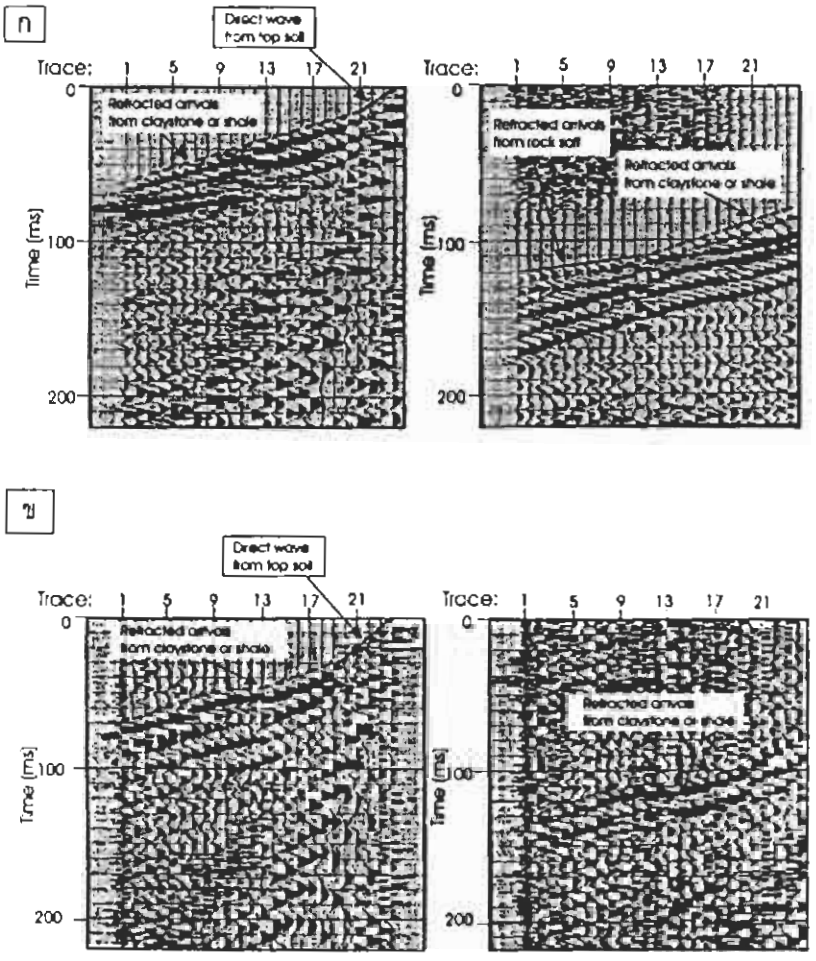
Telford, W.M.; et al. 1990. **Applied geophysics.** 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.

ตารางที่ 1 ผลสรุปของการสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห ตำแหน่งแสดงในรูปที่ 1

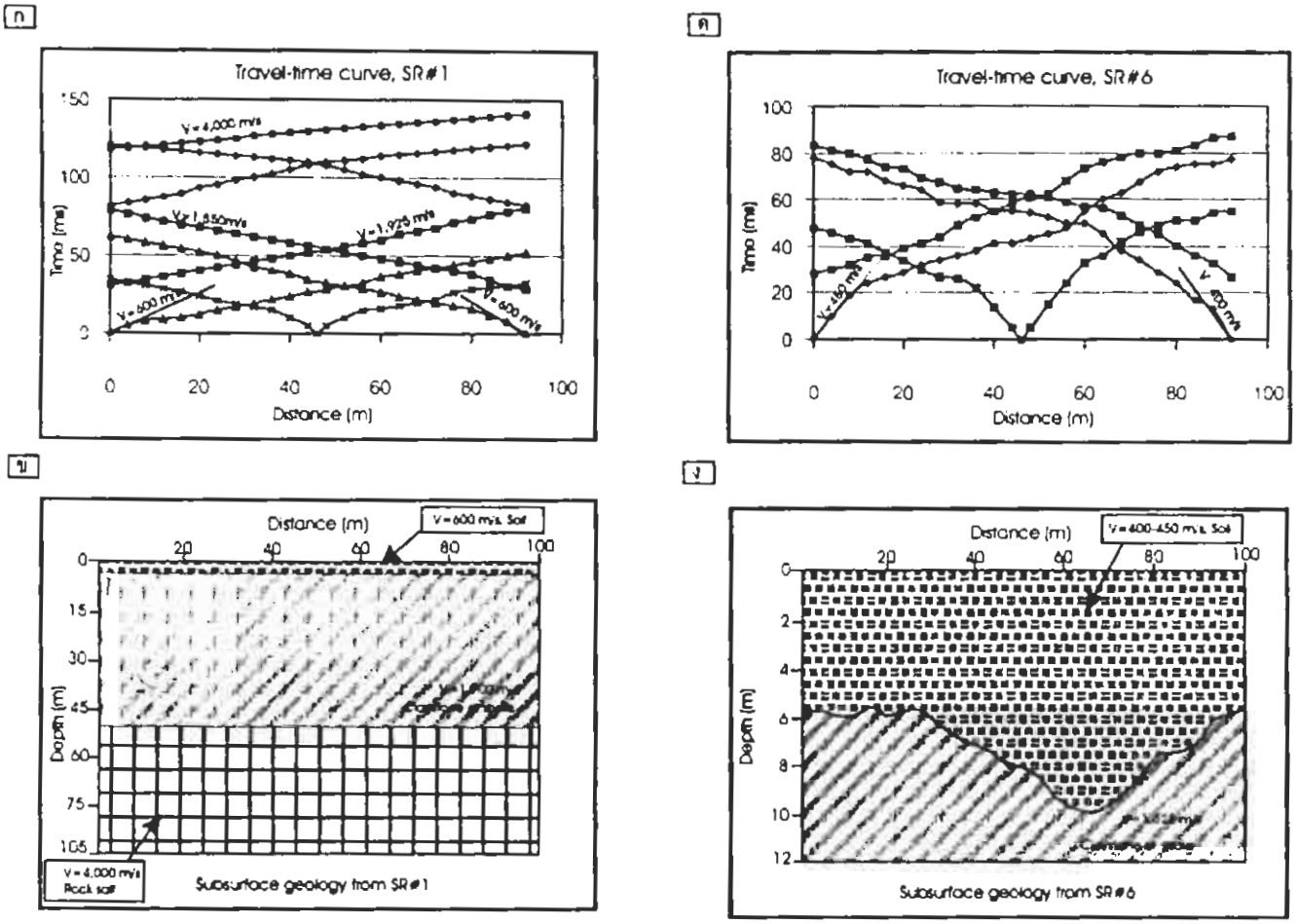
แนวการสำรวจ	ความเร็ว ชั้นที่ 1 (เมตร/วินาที)	ความเร็ว ชั้นที่ 2 (เมตร/วินาที)	ความเร็ว ชั้นที่ 3 (เมตร/วินาที)	ความลึก ชั้นที่ 1 (เมตร)	ความลึกถึง ชั้นที่ 2 (เมตร)	คุณภาพของข้อมูล
SR#1	600-700	1,800-2000	4,000-4,400	3	50	ดีมาก
SR#2	600-700	2,200-2,600	-	4-5	-	ดีมาก
SR#3	600-700	2,200-2,700	-	4-5	-	ดีมาก
SR#4	700-800	2,300-2,800	-	4-5	-	ดีมาก
SR#5	-	-	-	-	-	เสีย
SR#6	400-500	1,625	-	5-10	-	ดี
SR#7	600-800	1,600-1,800	-	5-6	-	ไม่ดี
SR#8	400-600	1,800-2,000	4.000-4.400	4-5	55-60	ดี
SR#9	600-700	1,800-2,000	4.000-4,400	4-5	55-60	ดี
SR#10	400-600	1,600-2,000	4,400-4,800	5-6	55-60	ไม่ดี
SR#11	700-800	1,800-2,000	-	5-6	-	ไม่ดี
SR#12	600-800	1,500-2,000	-	4-5	-	ไม่ดี
SR#13	-	-	-	-	-	เสีย



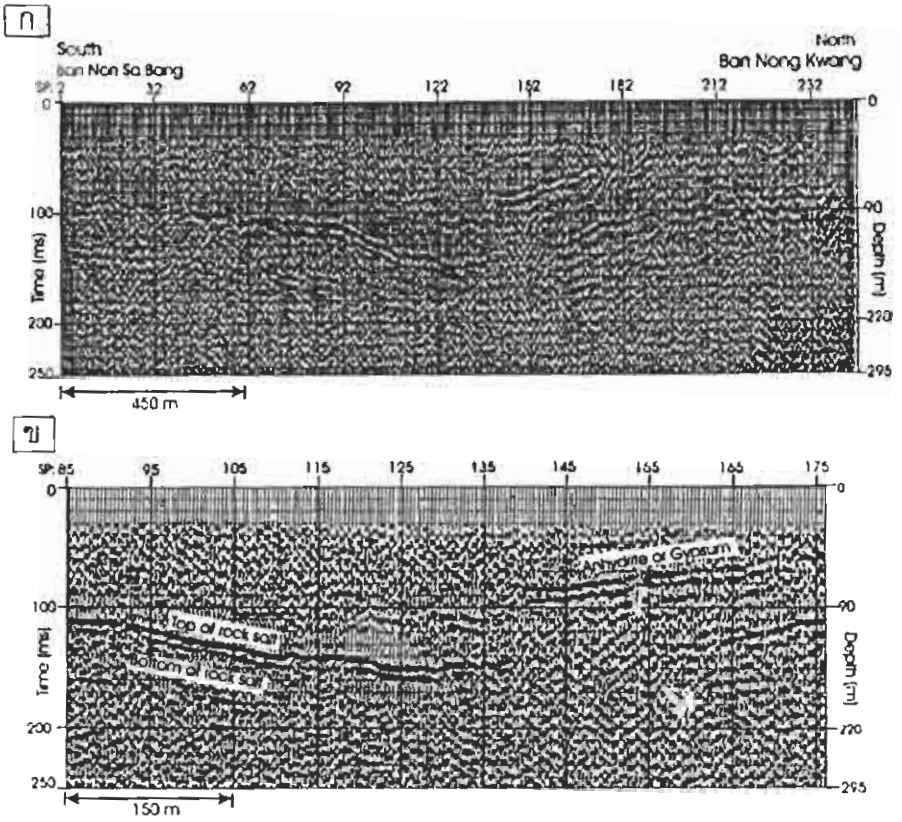
รูปที่ 1 แผนที่ของพื้นที่ทำการศึกษา แสดงแนวสำรวจด้วยคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหและแบบสะท้อน และการสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



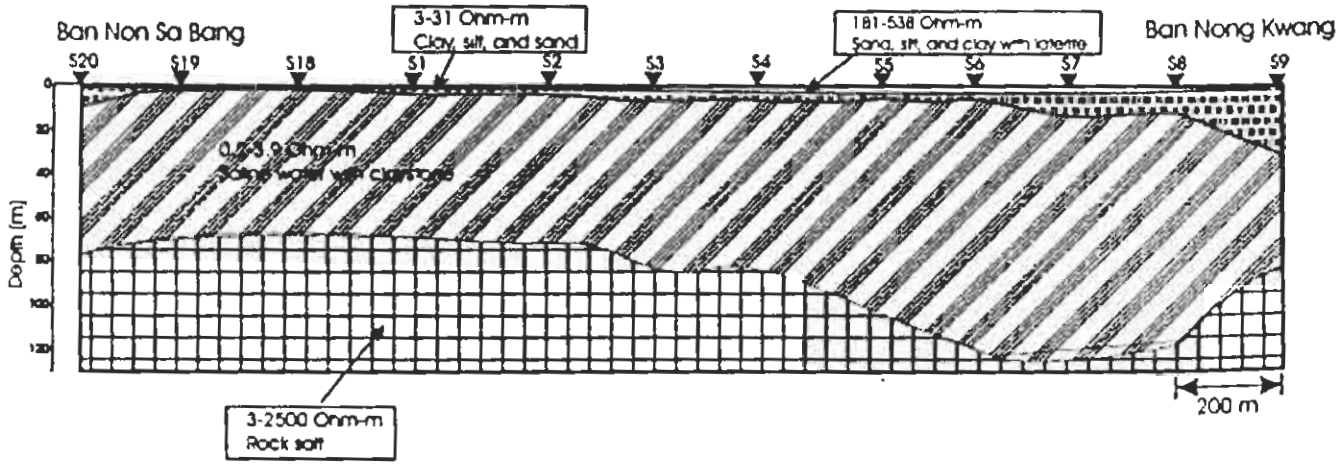
รูปที่ 2 ตัวแทนของข้อมูลการสำรวจแบบหักเหจากแนวสำรวจ SR#1 (ก) กรณีพบคลื่นแรกที่วิ่งเข้ามาสู่ตัวรับคลื่นเป็นเส้นตรง โดยที่รูปซ้ายมือมีจุดกำเนิดคลื่นอยู่ที่ตำแหน่งติดกับตัวรับคลื่นตัวที่ 24 ส่วนรูปขวามือมีจุดกำเนิดคลื่นอยู่ห่างจากตัวรับคลื่นตัวที่ 24 เป็นระยะทาง 150 เมตร (ข) กรณีพบคลื่นแรกที่วิ่งเข้ามาสู่ตัวรับคลื่นไม่เป็นเส้นตรงของแนวสำรวจ SR#6 โดยที่รูปซ้ายมือมีจุดกำเนิดคลื่นอยู่ที่ตำแหน่งติดกับตัวรับคลื่นตัวที่ 24 ส่วนรูปขวามือมีจุดกำเนิดคลื่นอยู่ห่างจากตัวรับคลื่นตัวที่ 24 เป็นระยะทาง 100 เมตร



รูปที่ 3 (ก) กราฟเส้นทางเดินคลื่น (travel-time curve) แบบค่อนข้างเป็นเส้นตรง แปลความหมายหาชั้นดิน-หินใต้ผิวดินโดยใช้วิธี Intercept Time Method แนวเส้นตรงของทางเดินคลื่นบ่งบอกถึงชั้นหินมีการวางตัวในแนวราบ โดยพบความเร็วของชั้นดินประมาณ 600 เมตรต่อวินาที มีความหนาประมาณ 3 เมตร ชั้นหินดินเหนียวหรือหินดินดานมีความเร็วคลื่น 1,800-2,000 เมตรต่อวินาที มีความหนาประมาณ 47-48 เมตร และชั้นเกลือหินมีความเร็วคลื่นประมาณ 4,000 เมตรต่อวินาที (ข) ผลของการแปลความหมายจากเส้นทางเดินคลื่นในรูป ก (ค) กราฟแสดงลักษณะของเส้นการเดินทางคลื่นของแนวสำรวจ SR#6 แสดงลักษณะชั้นหินใต้ผิวดินเป็นผิวขรุขระ แปลความหมายด้วยวิธี Delay Time Method สังเกตเห็นเส้นทางเดินคลื่นเป็นลักษณะโค้งที่ระยะ 60-80 เมตร ทั้งไปและกลับ (ง) ผลของการแปลความหมายจากเส้นทางเดินคลื่นในรูป ค



รูปที่ 4 (ก) ภาพตัดขวางของคลื่นสั่นสะเทือนแบบสะท้อนในแนวเหนือ-ใต้ เริ่มจากด้านใต้ของสถานีอนามัยบ้านหนองกวั่งไปยังบ้านโนนแสบง พบแนวคลื่นสะท้อนที่น่าจะเป็นคลื่นที่มาจากเกลือชั้นล่าง ที่เวลา 90-150 ms หรือความลึกประมาณ 75-145 เมตร ที่ช่วงกลางภาพตัดขวางพบความไม่ต่อเนื่องของคลื่นสะท้อนที่เวลา 80-100 ms หรือความลึกประมาณ 75-90 เมตร (ข) ภาพตัดขวางขยายให้เห็นชัดขึ้นของคลื่นสะท้อนระหว่างจุดสำรวจ (SP) 85-175 ของภาพในรูป ก และการแปลความหมายทางธรณีวิทยาจากคลื่นสะท้อน



รูปที่ 5 ผลของการแปลความลักษณะทางธรณีวิทยาในเส้นสำรวจการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะในแนวเหนือ-ใต้ เริ่มจากทางทิศใต้ของสถานีอนามัยบ้านหนองกวั่งไปยังบ้านโนนแสบง (ตำแหน่งแสดงในรูปที่ 1) รูปสามเหลี่ยมสีดำ (▼) แสดงจุดตำแหน่งที่สำรวจ ระยะห่างของแต่ละจุดประมาณ 200 เมตร