



เทคโนโลยีสำรวจการไหลซึมน้ำใต้ดินด้วยเสียงในงานวิศวกรรมปฐพี

Technology for Investigation of Seepage Zones

Using Groundwater Aeration Sound (Gas) in Geotechnical Engineering

อภินิติ โชติสังกาศ^{1*} ไกรโรจน์ มหรรณพกุล² และ นิพนธ์ ธีระชัยกุลพานิช³

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ. กรุงเทพฯ

³ บริษัท ไทย มารูยามา อินดัสทรี จำกัด จ. กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

ในงานป้องกันดินถล่มและปรับปรุงเสถียรภาพของลาด ความท้าทายที่สำคัญประการหนึ่งคือการระบุตำแหน่งวิกฤติในลาดซึ่งน้ำไหลซึมใต้ดินได้อย่างแม่นยำภายในระยะเวลาและงบประมาณที่จำกัดเพื่อให้การออกแบบและก่อสร้างงานแก้ไขลาดทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีสำรวจการไหลซึมน้ำใต้ดินด้วยเสียง หรือที่เรียกว่า Groundwater Aeration Sound (GAS) ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่นเมื่อไม่นานมานี้ ได้เริ่มนำมาประยุกต์ในงานด้านเสถียรภาพของลาดในประเทศไทย โดยเทคนิค GAS เป็นการประยุกต์เซนเซอร์วัดความเร่งที่มีความละเอียดสูง เพื่อวัดการสั่นสะเทือนหรือเสียงที่เกิดจากน้ำไหลผ่านโพรงดินและปลั๊กฟองอากาศออกเกิดเป็นเสียงแตกตัวของฟองอากาศ และแปลงค่าสั่นสะเทือนจากหน่วยความเร่งเป็นหน่วยระดับความดังของเสียงที่เป็นดัชนีย เรียกว่าค่า D ซึ่งกำหนดโดยผู้ผลิต จากผลการสำรวจการไหลซึมด้วยเสียงในพื้นที่ดินถล่มสองแห่ง คือ ม่อนน้ำข้า อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ และ บ้านหน้าถ้ำ อ.กาญจนาดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี พบว่าตำแหน่งที่มีระดับเสียงน้ำดัง (ค่าการสั่นสะเทือนหรือ ค่า D สูง) สอดคล้องกับตำแหน่งดินถล่ม แต่ยังไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำในดินและระดับเสียงน้ำใต้ดินที่แม่นยำได้ แต่อาจประมาณได้ว่าหน้าดิน 1-2 เมตรจะอึดตัวเมื่อระดับความดังของเสียงได้ถึงค่า D ประมาณ 120-180 ซึ่งเท่ากับการสั่นสะเทือนประมาณ 9.61×10^{-5} to 1.27×10^{-4} m/s² ค่าดังกล่าวขึ้นกับพื้นที่ที่ตรวจวัดและอาจใช้ได้ด้วยความระมัดระวัง ในบทความนี้ได้สรุปจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค สำหรับการนำเทคโนโลยีสำรวจการไหลซึมน้ำใต้ดินด้วยเสียง ในงานเสถียรภาพของลาด

คำสำคัญ: การสำรวจน้ำใต้ดิน, การไหลซึม, ดินถล่ม, เสถียรภาพของลาด

Abstract

One of the challenges in landslide mitigation and slope stabilization works is how to locate the high-seepage zones within slopes and embankments early during design and

construction with a limited budget and time. Groundwater Aeration Sound (GAS) survey technique recently developed in Japan is now being used in Thailand for studying stability and seepage in various natural slopes and embankments. The technique involves using very high sensitivity accelerometer to pick up vibration or “sounds” of water flowing through unsaturated soil pores with air bubble bursting sounds. The device measures the Groundwater Aeration Sound (GAS) in the manufacturer’s representative unit known as PD value which can be related to accelerations. GAS survey was carried out at two landslide sites in Northern and Southern Thailand and a strong correlation was found between the locations of high PD values (high GAS sounds) and landslide scars. SWOT analysis has also been made on the potential use of GAS technique in slope engineering. In addition, tentative correlation between pore-water pressure and D values has been attempted and appeared to be site-specific.

Keywords: groundwater investigation, seepage, landslide, slope stability

1. บทนำ

ปัญหาดินถล่มและการพังทลายของฐานรากบนที่ลาดชันมักเกี่ยวข้องกับน้ำเป็นหลัก อาทิ การพังทลายของลาดตดและถล่ม ลาดธรรมชาติ กำแพงกันดิน ฯลฯ โดยทั่วไปเกิดเนื่องจากฝนตกหนักยาวนาน และน้ำฝนซึมสู่ลาดดิน และไหลต่อเนื่องไปตามชั้นดิน หรือรอยแตกของหิน ทั้งหมดนี้ส่งผลให้แรงดันน้ำช่องว่าง (Pore-water pressure) มีค่าสูงขึ้น ทำให้หน่วยแรงประสิทธิผล (Effective stress) และ กำลังรับแรงเฉือน (Shear strength) ของดินมีค่าลดลงจนเกิดการพังทลายในที่สุด ในทางปฏิบัติการเสริมเสถียรภาพของลาดมักกระทำโดยลดแรงดันน้ำในลาดด้วยระบบระบายน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน อาทิ รางระบาย (Interceptor drain) และท่อระบายน้ำแนวนอน (Horizontal drain) เป็นต้น นอกจากนั้นในบางโครงการอาจมีการติดตั้งเครื่องมือพิโซมิเตอร์ (Piezometer) หรือบ่อสังเกตการณ์ (Observation well) เพื่อวัดแรงดันน้ำ สำหรับติดตามพฤติกรรมของลาดและเฝ้าระวังดินถล่ม ซึ่งจำเป็นต้องติดตั้งในจุดวิกฤติของลาดซึ่งมีการไหลซึมของน้ำใต้ดินมากที่สุด

* ผู้เขียนผู้รับผิดชอบบทความ (Corresponding author)

E-mail address: fengatj@ku.ac.th

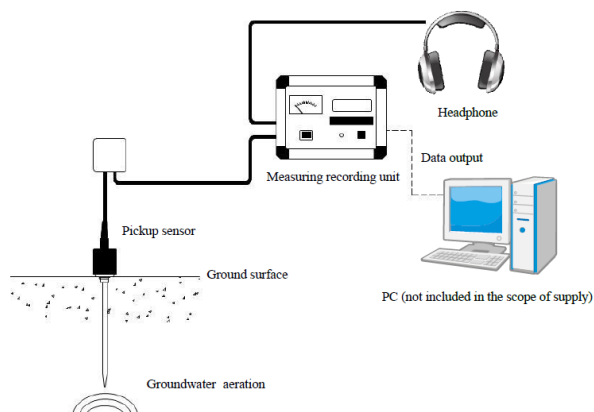
เพื่อให้การปรับปรุงเสถียรภาพของลาดมีประสิทธิภาพและประหยัด วิศวกรจะต้องระบุตำแหน่งติดตั้งท่อระบายน้ำแนวราบ และตำแหน่งติดตั้ง อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำ ในจุดวิกฤติอย่างเหมาะสม บ่อยครั้งในทางปฏิบัติ เนื่องจากปราศจากข้อมูลตำแหน่งการไหลซึมใต้ดิน วิศวกรจึงจำต้องกำหนด จุดติดตั้งท่อระบายน้ำแนวราบแบบปูพรม ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณโดย ไขเหตุ และการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำ ในจุดซึ่งไม่มีน้ำไหลผ่านก็จะไม่ เป็นตัวแทนที่ดีในการวัดพฤติกรรมของลาด

การสำรวจน้ำใต้ดินโดยไม่ขุดเจาะสามารถกระทำได้หลายวิธี อาทิ วิธี วัดความต้านทานไฟฟ้าของดิน โดยดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำจะมีความต้านทานต่ำ ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถประเมินผลเป็นลักษณะภาพตัดของชั้นดิน 2 มิติ แต่ จำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะและใช้เวลาในการแปลผล และอีกเทคนิค หนึ่งซึ่งได้พัฒนาในประเทศญี่ปุ่นเมื่อไม่นานมานี้ คือการฟังเสียงน้ำไหลซึมใต้ ดิน หรือที่เรียกว่า Groundwater Aeration Sound (GAS) เทคนิคนี้ไม่ใช้ เวลามากนักในการวัด และสามารถทราบตำแหน่งน้ำไหลใต้ดินได้ทันที เหมาะกับงานที่ต้องการความรวดเร็ว เช่น การกำหนดจุดติดตั้งระบบระบาย น้ำระหว่างการก่อสร้าง การกำหนดจุดติดตั้งพีโซมิเตอร์ รวมไปถึงใช้ควบคู่ กับวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าของดิน เพื่อยืนยันตำแหน่งที่มีการไหลของน้ำ โดยละเอียด อาทิ การไหลแบบท่อ (Pipe flow) ในลาด เนื่องจากการ ไหลซึมที่มีขนาดเล็ก (อาทิ ตามน้ำที่ไหลออกทางผิวลาด) และการวัดความ ต้านทานอาจไม่สามารถตรวจจับได้ชัดเจน

2. เทคโนโลยีสำรวจการไหลซึมน้ำใต้ดินด้วยเสียง

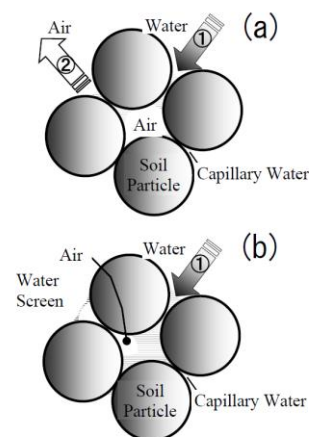
2.1 อุปกรณ์สำรวจน้ำใต้ดิน GROUNDWATER AERATION SOUND (GAS)

เทคนิคการฟังเสียงน้ำไหลใต้ดินเป็นภูมิปัญญาในประเทศญี่ปุ่นแต่ โบราณ โดยการระบุตำแหน่งน้ำใต้ดินบนภูเขา จะใช้การฟังเสียงน้ำไหลที่ตั้ง ขึ้นมาถึงบนพื้นดิน หรือฝังท่อลงในดินแล้วฟังเสียงน้ำซึ่งสะท้อนขึ้นมา ด้วย แนวความคิดนี้ Tada (2012) และ TAKUWA CORPORATION จึงได้พัฒนา อุปกรณ์ฟังเสียงน้ำใต้ดิน ดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบไปด้วย (1) เซนเซอร์วัด ความแรง (Pickup sensor) ซึ่งมีแกนเหล็กเพื่อช่วยยึดเซนเซอร์ให้แนบกับผิว ดินและลดเสียงรบกวน (2) อุปกรณ์แปลผลและบันทึกผล (Measurement recording device) มีหน้าที่ขยายสัญญาณเสียง (Amplification) และ กรองสัญญาณเสียงรบกวน (Filter process) ออกไป และคำนวณค่าระดับ ความดังของเสียงเป็นค่า D ออกมา และ (3) ส่วนรับสัญญาณ อาจเป็นหูฟัง หรืออุปกรณ์บันทึกเสียง ซึ่งสามารถต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำ สัญญาณเสียงไปประมวลผลต่อไปได้



รูปที่ 1 อุปกรณ์สำรวจน้ำใต้ดิน GROUNDWATER AERATION SOUND (GAS) (Takuwa, 2014)

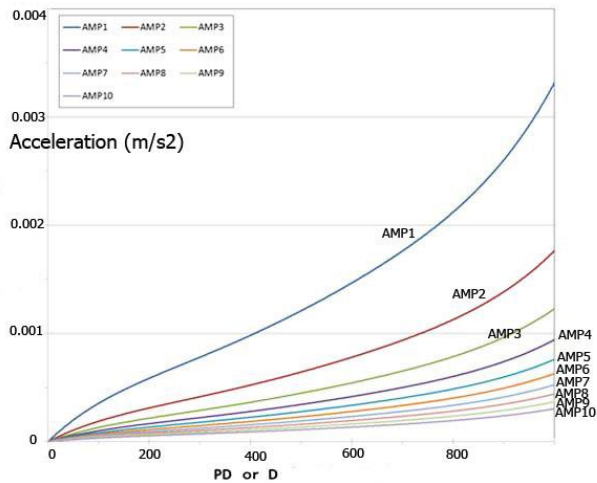
จากการศึกษาโดย Tada (2012) ลักษณะของเสียงน้ำไหลใต้ดินซึ่งสามารถ ได้ยิน เรียกว่า Aeration sounds มีหลายรูปแบบ อาทิ เสียงฟองอากาศ แดกตัว เสียงน้ำไหลในรอยแตกหิน หรือคล้ายเสียงกลิ้งน้ำ สามารถอธิบาย ดังรูปที่ 2 โดยทั่วไป บริเวณใกล้ผิวดิน ดินจะอยู่ในสภาวะไม่อิ่มน้ำ และใน ช่องว่างระหว่างอนุภาคดินจะมีฟองอากาศปะปนอยู่ เมื่อน้ำไหลเข้าจากจุด ① ฟองอากาศจะถูกผลักออกไปทางจุด ② แต่เนื่องจากระหว่างอนุภาคจะมี น้ำห่อหุ้มอยู่ ฟองอากาศจึงต้องผลักดันและแตกตัวในช่วงเวลาน้ำไหลเข้า มาเติมในช่องว่างระหว่างดิน เสียงฟองอากาศแตกตัวนี้ หากฟองมีขนาดใหญ่ จะให้เสียงต่ำ และหากฟองมีขนาดเล็กจะให้เสียงสูง และเมื่อน้ำไหลเป็น ปริมาณมากจะมีเสียงฟองอากาศหลายขนาดแตกตัวพร้อมๆ ทำให้เกิดระดับ เสียงดังกว่าบริเวณที่มีน้ำไหลน้อย ในกรณีที่ไม่มีการแตกตัวของฟองอากาศ เสียงที่ได้ยินจะเป็นเสียงน้ำไหลเท่านั้น อาทิ น้ำไหลผ่านรอยแตกของหิน



รูปที่ 2 การเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดิน ซึ่งส่งผลต่อเสียงน้ำใต้ดิน (Tada, 2012)

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า แม้ว่าน้ำใต้ดิน แต่หากไม่มีการไหลซึมก็จะมี เสียงน้ำไหลให้ได้ยิน อุปกรณ์ GAS นี้จึงมักใช้สำหรับหาแหล่งน้ำบนที่ลาด ชันซึ่งมีการไหลซึม นอกจากนั้นชนิดของดินยังมีผลต่อระดับเสียง ทว่าไปดิน เม็ดหยาบจะให้เสียงดังกว่าดินเม็ดละเอียด และดินที่บดอัดแน่นจะให้เสียงที่ เบากว่าดินที่บดอัดหลวม

ในระหว่างการฟังเสียงน้ำไหลใต้ดิน ด้วยอุปกรณ์ GAS ผู้ใช้อาจได้ยิน เสียงอื่นๆ เข้ามาประกอบด้วย อาทิ เสียงลม เสียงการเสียดสีระหว่าง อนุภาคดิน เสียงแมลงและนก เสียงกิ่งไม้ใบไม้ขยับ ตลอดจนเสียงรบกวน จากการขยับสายสัญญาณโดยไม่ตั้งใจ ฯลฯ แม้ว่าอุปกรณ์จะสามารถตั้งค่า Low-pass- และ Hi-pass filter frequency เพื่อตัดสัญญาณรบกวนเหล่านี้ ออกไปได้มาก แต่ผู้ใช้อย่างจำเป็นจะต้องระมัดระวัง จำแนกว่าระดับเสียง (ค่า D Value) ที่วัดได้เป็นระดับเสียงน้ำไหลใต้ดินจริง หรือเกิดจากเสียงรบกวน เพื่อให้การแปลผลมีความถูกต้อง

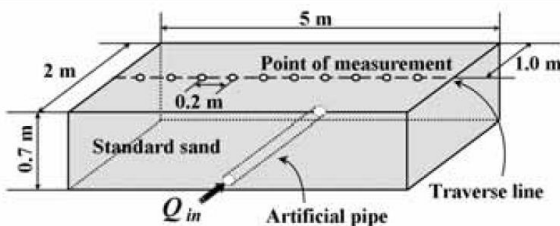


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการสั่นสะเทือน (m/s^2) และค่าดัชนี D (Takuwa, 2014)

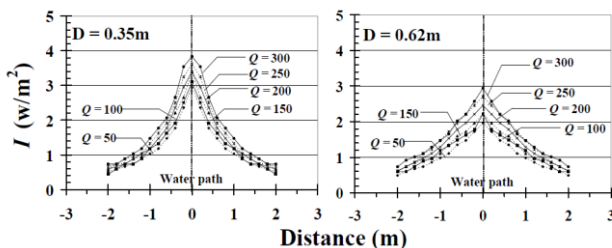
ทั้งนี้ระดับเสียง (ค่า D value) คือค่า Representative value ซึ่งเป็นตัวแทนระดับเสียงที่ได้จากการ Sampling คลื่นเสียงที่ได้ผ่านกระบวนการ Filter และ Amplification ที่ความถี่ 2 kHz และเลือกค่าสูงสุด Peak value (PD) จากจำนวน Sampling ที่บันทึกประมาณ 200 ค่า กระทำซ้ำ 60 ครั้ง เพื่อให้ได้ค่า PD จำนวน 60 ค่า แล้วจึงเลือกค่าตัวแทนของระดับเสียง (D value) แสดงออกทางหน้าจอ ทั้งนี้สามารถแปลงค่า D value ซึ่งแสดงผลจากอุปกรณ์ เป็นหน่วยความเร่งได้ ดังแสดงด้วยความสัมพันธ์ ในรูปที่ 3

2.2 การสอบเทียบในห้องปฏิบัติการ

Tada (2012) ได้สอบเทียบอุปกรณ์ GAS ในห้องปฏิบัติการดังแสดงในรูปที่ 4 โดยใช้กระบอกบรรจุทรายที่มีความชื้นเล็กน้อย ปลอน้ำไหลผ่านท่อกรุหุ้มด้วยใยสังเคราะห์ ที่อัตราการไหล (Q_{in}) คงที่ต่างๆ กัน และวัดเสียงน้ำในตำแหน่งต่างๆ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งเห็นได้ว่า เสียงน้ำไหลชัดเจนที่สุด (ในกรณีนี้แสดงด้วยค่า I สูงสุด) เมื่ออุปกรณ์ GAS อยู่ใกล้ตำแหน่งน้ำไหล (เหนือตำแหน่งท่อ) และเมื่ออัตราการไหลมีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 4 โมเดลดินทรายสำหรับสอบเทียบอุปกรณ์สำรวจน้ำใต้ดิน GROUNDWATER AERATION SOUND (GAS) (ที่มา Tada, 2012)



รูปที่ 5 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ GAS ด้วยโมเดลดินทราย (ที่มา Tada, 2012)

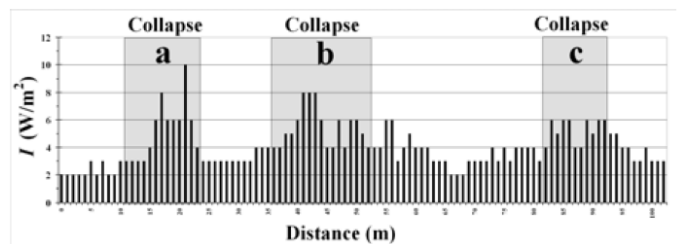
2.3 การประยุกต์ใช้ในภาคสนาม

ตัวอย่างผลการทดลองอุปกรณ์ GAS ในพื้นที่ดินถล่มบนลาดธรรมชาติในประเทศญี่ปุ่นแสดงในรูปที่ 6 ในจังหวัดโอกายามะ รอยดินถล่ม a มีความกว้าง 12 เมตร ลึกประมาณ 2 เมตร รอย b กว้าง 16 เมตร ลึก 2 เมตร และรอย c กว้าง 10 เมตร ลึก 1 เมตร รอยดินถล่มมีความลึกถึงชั้นหินแกรนิตด้านล่าง แนวการวัดเสียงน้ำใต้ดินอยู่เหนือแนวดินถล่ม a, b และ c โดยช่วงเวลาที่วัดเป็นเวลาประมาณ 2 สัปดาห์หลังฝนหยุดตก ซึ่งไม่พบร่องรอยตาน้ำในเวลาทำการวัด จากผลในรูปที่ 7 เห็นได้ว่าเหนือรอยดินถล่ม จะมีระดับเสียงน้ำไหลที่ดัง และน่าสนใจว่าขอบเขตของรอยถล่ม b และ c พบเสียงน้ำไหลมีค่าสูงทั้งด้านซ้ายและขวา

รูปที่ 8 แสดงลาดริมถนนในเขตป่า ชนิดหินเป็น Granodiorite รอยดินถล่ม a มีความลึกประมาณ 0.5 เมตร กว้าง 3 เมตร และรอยดินถล่ม b ลึก 1 เมตร กว้าง 14 เมตร พบร่องรอยของน้ำซึม (Spring) จากลาด เมื่อเปรียบเทียบกับผลการฟังเสียงน้ำไหลใต้ดิน ในรูปที่ 9 พบว่าตำแหน่งดินถล่มสอดคล้องกับจุดที่มีเสียง Groundwater Aeration Sound อย่างชัดเจน



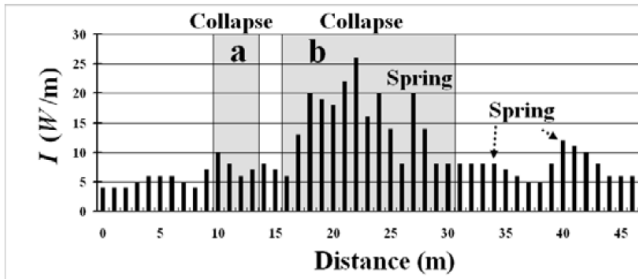
รูปที่ 6 ดินถล่มระดับต้นในลาดธรรมชาติ จังหวัดในจังหวัดโอกายามะ ประเทศญี่ปุ่น (ที่มา Tada, 2012) (เส้นประแสดงแนวการวัด)



รูปที่ 7 การกระจายของระดับเสียงน้ำไหลใต้ดินบนลาดธรรมชาติ ประเทศญี่ปุ่น (ที่มา Tada, 2012)



รูปที่ 8 ดินถล่มบริเวณถนนในเขตป่า จังหวัดโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น (เส้นประแสดงแนวการวัด) (ที่มา Tada, 2012)



รูปที่ 9 การกระจายของระดับเสียงน้ำไหลใต้ดิน บนลาดริมถนนในเขตป่า ประเทศญี่ปุ่น (ที่มา Tada, 2012)

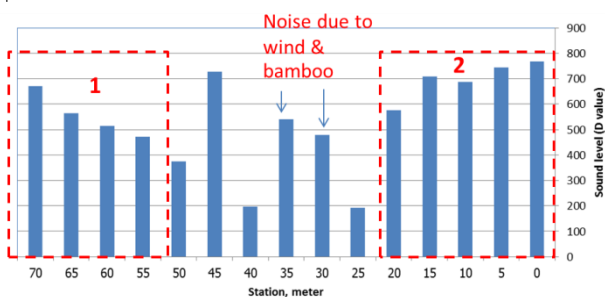
3. การศึกษาในประเทศไทย

3.1 พื้นที่ดินถล่ม ลาดธรรมชาติ อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์

รูปที่ 10 แสดงพื้นที่ทดลองการฟังเสียงน้ำใต้ดิน ในบริเวณดินถล่ม ซึ่งเป็นลาดธรรมชาติ ในพื้นที่ม่อนน้ำชา อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ ซึ่งเกิดดินถล่มในปี 2549 เนื่องจากฝนตกหนักผิดปกติ (300-500 มม.ต่อวัน) เป็นการพบบัติระดับต้น คาดว่าความลึกไม่เกิน 2-3 เมตร ลักษณะธรณีวิทยาของพื้นที่เป็นหินตะกอน จำพวกหินดินดานและหินโคลน การสำรวจเสียงน้ำใต้ดินดำเนินการในช่วงปลายเดือน เมษายน 2557 ซึ่งยังไม่เข้าสู่ฤดูฝนและไม่พบร่องน้ำไหลที่ผิวดินแต่อย่างใด แนวการวัดเสียงน้ำอยู่เหนือหน้าผาของรอยดินถล่มเก่า ซึ่งปัจจุบันมีพืชเบิกนำ เช่น ต้นไผ่และต้นไม้กวาด ขึ้นปกคลุมแน่นหนาจนแทบไม่เห็นสภาพของรอยดินถล่มเดิม



รูปที่ 10 แนวการวัดเสียงน้ำใต้ดิน เหนือรอยดินถล่ม ม่อนน้ำชา อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์



รูปที่ 11 การกระจายของระดับเสียงน้ำไหลใต้ดิน เหนือรอยดินถล่ม ม่อนน้ำชา อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์

ผลการวัดเสียงน้ำในพื้นที่ม่อนน้ำชาตามแนวการวัด (GAS survey line) เหนือรอยดินถล่ม 1 และ 2 แสดงในรูปที่ 11 ซึ่งเห็นได้ว่า บริเวณที่มีเสียงน้ำไหลมาก (ค่า D สูง) มีความสอดคล้องกับร่องรอยดินถล่มจากภาพถ่ายดินถล่มในอดีตจาก Google earth แม้ว่าในขณะที่ทำการสำรวจจะไม่สามารถระบุตำแหน่งดินถล่มเดิมได้อย่างชัดเจนด้วยสายตา อย่างไรก็ตามในบางจุด พบว่าค่า D มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากเสียงรบกวนจากต้นไม้ที่ถูกลมพัด

เสียงสั่น ดังแสดงในรูปที่ 12 ดังนั้นในการแปลผลจะไม่สามารถใช้เฉพาะค่า D value ซึ่งอ่านได้จากเครื่องมือเท่านั้น แต่ต้องอาศัยพิจารณาจากการแยกเสียงน้ำไหลจากเสียงรบกวนอื่นๆ เช่น เสียงลม หรือเสียงใบไม้ และตัดค่าที่ไม่ใช่เสียงน้ำเหล่านั้นออกไป



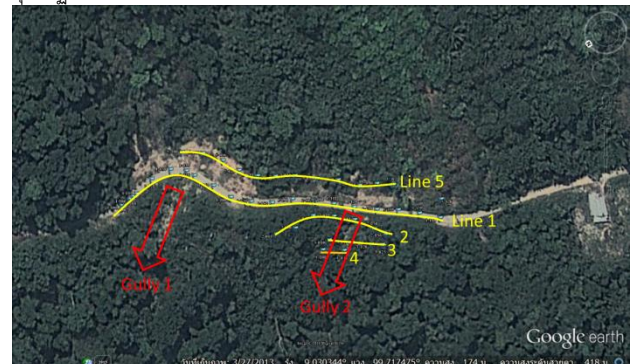
รูปที่ 12 การวัดเสียงน้ำใต้ดิน เหนือรอยดินถล่ม ม่อนน้ำชา อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์

3.2 พื้นที่ดินถล่ม ลาดธรรมชาติ อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์

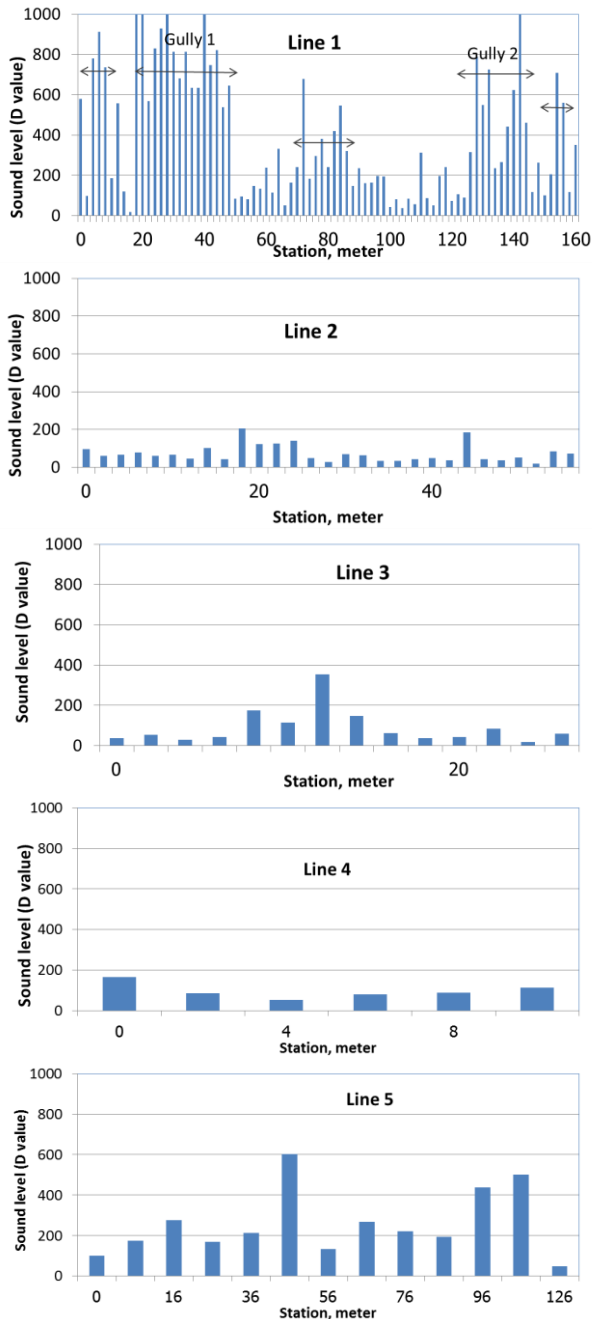
พื้นที่ลาดตัดนี้เป็นทางเข้าออกเดียวของบ้านหน้าถ้ำ ตั้งอยู่ใน อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี มีธรณีวิทยาแบบหินตะกอน จำพวกหินทราย ซึ่งมีทิศทางการวางชั้นอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เกือบขนานเกือบลาดชัน) มีรอยแตกกว้างของหินในทิศทาง Strike N330o/Dip82o ลาดตัดนี้เกิดการพังทลายในช่วงเดือนมีนาคม 2554 รูปที่ 13 แสดงลักษณะพื้นที่ในปี 2555 ดินถล่มมีลักษณะการพังทลายแบบลึก (Deep-seated) ตามระนาบของชั้นหิน โดยการพังทลายรุนแรงบริเวณร่องน้ำสองร่องดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 13 พื้นที่ลาดตัด ทางเข้าออกบ้านหน้าถ้ำ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



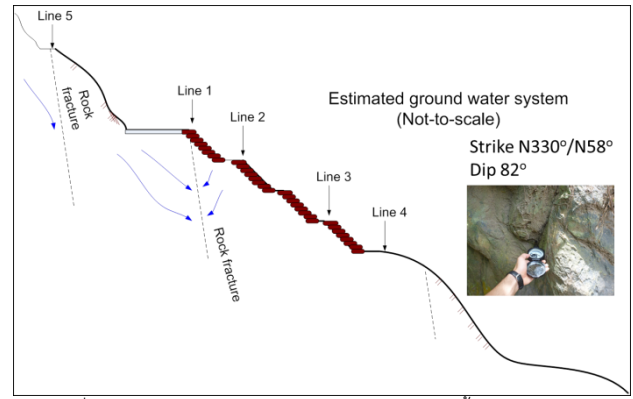
รูปที่ 14 แนวการวัดเสียงน้ำไหล จำนวน 5 แนว พื้นที่ลาดตัด ทางเข้าออกบ้านหน้าถ้ำ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



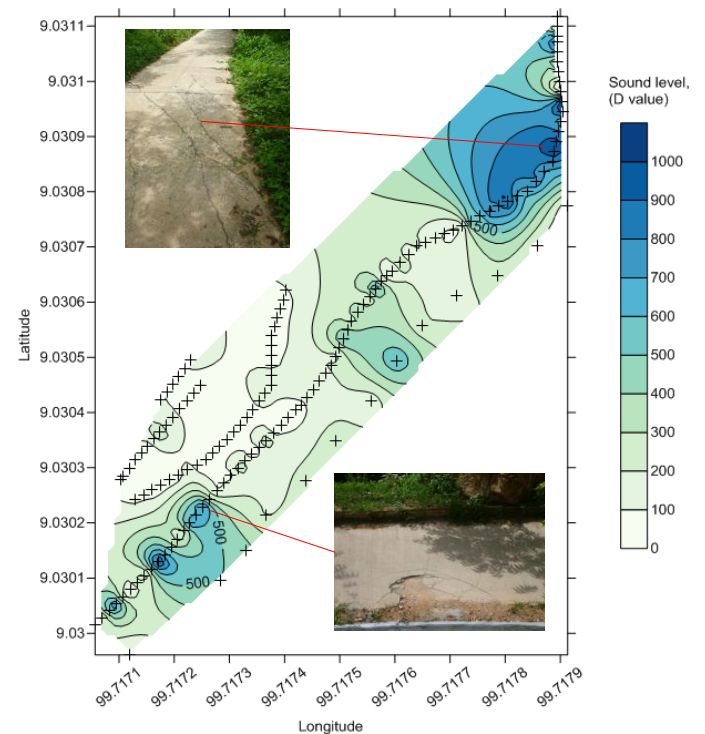
รูปที่ 15 ระดับเสียงน้ำไหล ลาดตัด ทางเข้าออกบ้านหน้าถ้ำ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี

ในการศึกษานี้ ได้กำหนดแนวการวัดเสียงน้ำไหล จำนวน 5 แนวด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 14 โดยในแนวที่ 1 ถึง 4 กำหนดจุดวัดเสียงน้ำไหล ทุกระยะ 2 เมตร และแนวที่ 5 วัดเสียงทุกระยะ 5 เมตร รูปที่ 15 แสดงระดับเสียงน้ำไหลทั้ง 5 แนว ซึ่งพบว่าบริเวณ แนวที่ 1 มีเสียงน้ำไหลดังมากที่สุด (D value = 600-1000) โดยมีตำแหน่งสอดคล้องกับร่องรอยดินถล่มที่พบในอดีต และลักษณะเสียงน้ำไหลคล้ายเสียงน้ำไหลผ่านรอยแตกหิน ในขณะที่แนวที่ 2 ถึง 4 มีเสียงน้ำไหลเบาลงมาก แม้ว่าจะอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่า สำหรับแนวที่ 5 พบว่ามีเสียงน้ำดังขึ้นบ้าง และพบเสียงน้ำไหลผ่านรอยแตกหิน

จากผลการตรวจวัดเสียงน้ำ จึงสามารถคาดการณ์ลักษณะการไหลของน้ำใต้ดิน ได้ดังแสดงในรูปที่ 16 เป็นการไหลของน้ำผ่านระบายรอยแตกของหิน ซึ่งอธิบายสาเหตุที่ในบริเวณแนว 2 ถึง 4 ไม่พบเสียงน้ำไหลมากเท่าแนวที่ 1 และ 5



รูปที่ 16 แบบจำลองอธิบายลักษณะการไหลของน้ำใต้ดิน ลาดตัด ทางเข้าออกบ้านหน้าถ้ำ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี



รูปที่ 17 ระดับเสียงน้ำไหลใต้ดิน ทางเข้าออกบ้านหน้าถ้ำ อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี

เมื่อนำระดับความดังเสียงน้ำไหล เขียนเป็นเส้น Contour ดังแสดงในรูปที่ 17 จะเห็นลักษณะการไหลของน้ำใต้ดินที่ชัดเจนขึ้น โดยพบว่าตำแหน่งที่มีความดังเสียงน้ำไหลมาก สอดคล้องกับจุดที่พบรอยแตกร้าวบนถนน และทิศทางแนวรอยร้าวบนถนนยังสอดคล้องกับแนวรอยร้าวของชั้นหินอีกด้วย จึงเป็นจุดที่ควรติดตั้งท่อระบายน้ำแนวราบ (Horizontal drain) เพื่อเสริมเสถียรภาพ และบ่งชี้การเกิดการณ์ระดับน้ำใต้ดิน สำหรับเฝ้าระวังดินถล่มต่อไป

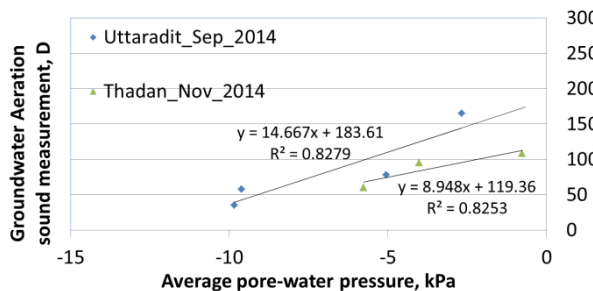
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงและแรงดันน้ำช่องว่างดิน

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบระดับเสียงซึ่งอ่านได้จากเครื่องมือ GAS และแรงดันน้ำในช่องว่างดิน ในพื้นที่ลาดชันที่ศึกษา เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ที่อาจใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดต่อไป โดยได้คัดเลือกเฉพาะผลการตรวจวัดในพื้นที่ถ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ และพื้นที่ลาดชันในใกล้เขื่อนขุนด่าน (Jotisankasa et al., 2010) โดยทั้งสองพื้นที่ที่มีรูปแบบ

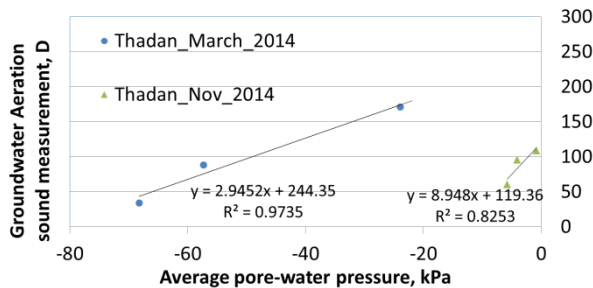
การพิชิตคล้ายคลึงกัน คือดินถล่มแบบตื้นเนื่องจากการไหลซึมของน้ำ และมีความลึกถึงชั้นหินประมาณ 2-3 เมตรจากผิวดิน

ในทั้งสองพื้นที่ศึกษา ได้วัดแรงดันน้ำในช่องว่างดินทั้งค่าบวกและลบ โดยอุปกรณ์เคอเทนซิโอมิเตอร์ (KU-Tensiometer) ที่ความลึก 0.5-3 เมตร เปรียบเทียบกับค่า D-Value ซึ่งอ่านโดยกำหนดค่าที่อุปกรณ์ GAS ให้ $AMP = 5$, $Low-filter = 300$, $Hi-filter = 1200$ รูปที่ 18 แสดงระดับเสียงน้ำไหลใต้ดิน เปรียบเทียบกับค่าแรงดันน้ำช่องว่างดินเฉลี่ยตลอดความลึก จากสองพื้นที่ศึกษา พบว่ามีความสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของชนิดดินและระดับความดังของเสียงรบกวน (Background noise)

รูปที่ 19 แสดงระดับเสียงน้ำใต้ดิน เทียบกับแรงดันน้ำ ในพื้นที่ศึกษาเขื่อนขุนด่านฯ ที่วัดจากสองช่วงเวลา พบว่ามีความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันเช่นกัน อาจเนื่องจากระดับความดังของเสียงรบกวนที่แตกต่างกันสองช่วงเวลา และ รูปแบบการไหลของน้ำใต้ดินที่แตกต่างกันในสองช่วงฤดูกาล



รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงน้ำไหลใต้ดิน และค่าแรงดันน้ำช่องว่างดิน ในพื้นที่ศึกษาอุตรดิตถ์ และ ลาดดินใกล้เขื่อนท่าด่านฯ ช่วงปลายฤดูฝน



รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงน้ำไหลใต้ดิน และค่าแรงดันน้ำช่องว่างดิน ในพื้นที่ศึกษา ลาดดินใกล้เขื่อนท่าด่านฯ ช่วงฤดูแล้งและปลายฤดูฝน

แม้ว่าจะยังไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงน้ำใต้ดินและแรงดันน้ำที่แม่นยำได้ แต่ก็อาจประมาณได้คร่าวๆ ว่า จุดที่แรงดันน้ำใต้ดินมีค่าบวก หรือ หน้าดินหนา 1-2 เมตรเริ่มมีตัว ระดับเสียงน้ำใต้ดินจะเพิ่มสูงขึ้นถึงค่า D ประมาณ 120-180 ซึ่งเท่ากับการสั่นสะเทือนประมาณ $9.61E-5$ to $1.27E-4$ m/s^2 ค่าดังกล่าวขึ้นกับพื้นที่ที่ตรวจวัดและอาจใช้ได้ด้วยความระมัดระวัง

4. การวิเคราะห์ศักยภาพของเทคโนโลยี

เทคโนโลยีวัดเสียงน้ำไหลซึมใต้ดิน หรือ Groundwater Aeration Sound (GAS) นี้มีความน่าสนใจที่สามารถระบุตำแหน่งน้ำไหลใต้ดินได้รวดเร็ว ไม่ต้องการการประมวลผลมากนัก อาจสรุปจุดแข็งและจุดอ่อนของเทคโนโลยีนี้ ได้ดังนี้

จุดแข็ง Strengths

- การแปรผลรวดเร็ว ทราบตำแหน่งการไหลซึมได้ทันที
- อุปกรณ์น้ำหนักเบาสะดวกต่อการสำรวจบนลาดชัน
- สามารถหาตำแหน่งน้ำไหลแบบ Pipe flow ได้แม่นยำ

จุดอ่อน Weakness

- ด้วยความละเอียดในปัจจุบัน วัดน้ำใต้ดินได้แม่นยำเฉพาะที่ระดับไม่ลึกมาก (< 10 เมตร)

โอกาส Opportunities

- เหมาะกับงานซึ่งต้องการความรวดเร็วในการระบุตำแหน่งน้ำใต้ดิน เช่น การกำหนดจุดติดตั้งระบบระบายน้ำระหว่างการก่อสร้าง การกำหนดจุดติดตั้งโซมิเตอร์
- เมื่อกำหนดจุดที่มีน้ำไหลซึมได้แม่นยำ จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบระบายน้ำในงานเสถียรภาพลาด เช่น Horizontal drain
- หากใช้ควบคู่กับวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าของดิน จะสามารถยืนยันตำแหน่งการไหลของน้ำได้โดยละเอียด
- สามารถใช้หาตำแหน่งจุดบ่อน้ำตื้น เพื่อพัฒนาแหล่งน้ำบนที่สูงได้
- อุปสรรค Threats
- อุปกรณ์ไม่สามารถใช้งานได้ในช่วงเวลาฝนตก

5. สรุป

เทคนิค GAS เป็นการประยุกต์เซนเซอร์วัดความเร่งที่มีความละเอียดสูง เพื่อวัดการสั่นสะเทือนหรือเสียงที่เกิดจากน้ำไหลผ่านโพรงดินและผลักฟองอากาศออก เกิดเป็นเสียงแตกตัวของฟองอากาศ และแปลงค่าสั่นสะเทือนจากหน่วยความเร่งเป็นหน่วยระดับความดังของเสียงที่เป็นดัชนีเรียกว่าค่า D ซึ่งกำหนดโดยผู้ผลิต จากผลการสำรวจการไหลซึมด้วยเสียงในพื้นที่ดินถล่มสองแห่ง คือ ม่อนน้ำชา อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ และ บ้านหน้าถ้ำ อ.กาญจนาดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี พบว่าตำแหน่งที่มีระดับเสียงน้ำดัง (ค่าการสั่นสะเทือนหรือ ค่า D สูง) สอดคล้องกับตำแหน่งดินถล่ม แต่ยังไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำในดินและระดับเสียงน้ำใต้ดินที่แม่นยำได้ แต่อาจประมาณได้ว่าหน้าดิน 1-2 เมตรจะมีตัวเมื่อระดับความดังของเสียงได้ถึงค่า D ประมาณ 120-180 ซึ่งเท่ากับการสั่นสะเทือนประมาณ $9.61E-5$ to $1.27E-4$ m/s^2 ค่าดังกล่าวขึ้นกับพื้นที่ที่ตรวจวัดและอาจใช้ได้ด้วยความระมัดระวัง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณทุนวิจัยจากมูลนิธิชัยพัฒนาในโครงการพัฒนาการป้องกันแก้ไขปัญหาดินถล่มบนที่สูงชันตามแนวพระราชดำริ และขอขอบคุณนายแก้ววรรณ คุณปาริย์ และนายรินทร์ หรรษชัยนันท์ สำหรับความช่วยเหลือในงานสนาม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Tada, Y. (2012): About prediction of collapse generated locations using Groundwater Aeration Sounds. Landslide Symposium, Forestry and Forest Products Research Institute, Japan (Translated from Japanese by Takuwa Corporation)
- [2] Tansamrit, S, & Suanburi, D (2012): Landslide Risk status of Road High Cutting Sandstone Slope by 2D Resistivity Imaging and Seismic Refraction Technique. Proc. the 6th international conference on applied geophysics. 16 Nov. 2012
- [3] Jotisankasa, A. & Hunsachainan, N., Kwankeo, N., Chunrod, P. & Mancharoen, J. (2010): Development of a wireless landslide monitoring system. Proc. International conference on Slope. Thailand 2010. Geotechnique and Geosynthetics for Slope. Chiangmai, Thailand