



## การตรวจวัดพฤติกรรมลาดดินบริเวณอาคารวิศวกรรมโยธา มทร. ล้านนา เชียงราย

### Landslide Monitoring within Slope Instrumented at RMUTL Chiangrai Campus

ฐิติพร พันธุ์ท่าช้าง (Thitiporn Phantachang)<sup>1</sup>

อภินิติ โชติสังกาศ (Apiniti Jotisankasa)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>อาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย (thitiporn\_p@hotmail.com)

<sup>2</sup>อาจารย์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (fengatj@ku.ac.th)

**บทคัดย่อ :** อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ประกอบด้วยอาคารจำนวน 5 หลังพื้นที่รวม 450 ตร.ม. อาคารวางอยู่เหนือตำแหน่งลาดดินตัดและดินถมสูงกว่า 14.00 ม. ลาดดินมีการป้องกันผิวหน้าด้วยแผ่นคอนกรีตโดยไม่มีการติดตั้งระบบระบายน้ำ อาคารเปิดการใช้งานมากกว่า 6 ปี และได้พบการเคลื่อนตัวของมวลดิน แผ่นคอนกรีตมีการบวมตัว และปรากฏรอยแตกร้าวบริเวณผิวคอนกรีตทับหน้าเป็นแนวยาวต่อเนื่อง

จากสาเหตุดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการตรวจวัดพฤติกรรมการเคลื่อนตัว และพฤติกรรมการไหลซึม ด้วยเครื่องมือวัดที่ประกอบด้วย มาตรวัดแรงดันน้ำ จำนวน 6 จุด, เครื่องวัดแรงดึงความชื้น จำนวน 9 จุด, มาตรวัดการเอียงตัว จำนวน 4 ตำแหน่ง, บ่อวัดระดับน้ำใต้ดิน จำนวน 4 บ่อ และ มาตรวัดน้ำฝน จำนวน 1 จุด การตรวจวัดได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องระหว่างเดือนเมษายน 2553 ถึง ธันวาคม 2553 โดยตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัดได้วิเคราะห์ตำแหน่งที่เหมาะสม และพิจารณาจาก Slope Failure Surface บทความนี้มุ่งเน้นนำเสนอผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐาน และผลทดสอบคุณสมบัติด้านกำลังของดินฐานราก และนำเสนอผลการตรวจวัดพฤติกรรมในช่วงของการตรวจวัดที่ผ่านมา

**ABSTRACT:** Signs of distress and movement have been observed on the concrete-faced slope in Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai Thailand. The slope was constructed as fills in 2002 on the siltstone/sandstone hill, with multi-storey buildings situated nearby. Slope protection by concrete slab without perforated pipe is currently employed at the slope. As a precaution measure, various instrumentations have been installed on the slope, including 6 piezometers, 9 tensiometers, 4 in-place inclinometers, 4 observation wells as well as rain gauge. Field monitoring results of pore water pressure and inclination movement within the soil slope near civil laboratory buildings have been shown. This paper is aimed at presenting the results of soil basic properties, strength properties test and monitoring results during the period of April to December 2009.

**KEYWORDS :** Landslide monitoring, Slope stability, Instrumentation

## 1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พื้นที่ในเขตภาคเหนือประสบปัญหาเรื่องการเคลื่อนตัวของมวลดิน การเสถียรภาพเชิงลาดเนื่องจากอิทธิพลความชื้นและกำลังของมวลดินที่ลดลง ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวในรูปแบบต่างๆ และก่อให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน สะพาน อาคาร หรือ โครงสร้างอื่นๆ เช่น ในกรณีอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ได้มีการก่อสร้างอาคารที่ประกอบด้วยอาคารปฏิบัติการจำนวน 5 อาคารบนพื้นที่ดินติดต่อกับดินถมเชิงเขา ความสูงลาดดิน 14.00 ม. โดยเริ่มใช้งานอาคารในปี พ.ศ. 2547 การปรับปรุงเชิงลาดมีการก่อสร้างแผ่นคอนกรีตปิดทับผิวหน้าเพื่อป้องกันการกัดเซาะที่ผิวดิน ณ ปัจจุบันพบว่า ผิวหน้าคอนกรีตมีร่องรอยการแตกร้าว และการเคลื่อนตัว และการบวมตัวของมวลดินใต้แผ่นคอนกรีตแสดงในภาพที่ 1

จากสาเหตุดังกล่าว จึงเป็นที่มาของการศึกษาคุณสมบัติด้านกำลัง และกายภาพของชั้นดินฐานราก การติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรม การเคลื่อนตัวและการไหลซึม จนถึงวิเคราะห์เสถียรภาพและความปลอดภัยของมวลดิน เพื่อศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับกรณีวิเคราะห์ และนำผลการตรวจวัดที่ได้สู่การศึกษาและหาแนวทางการแก้ไขปัญหาคต่อไป



ภาพที่ 1 อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา มทร. ล้านนา เชียงราย

### 1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการตรวจวัดพฤติกรรมของลาด จากการศึกษานในอดีตซึ่งได้สรุปไว้ดังนี้

อกินิตี และ สุทธิศักดิ์ (2551) [1] ทำการตรวจวัดพฤติกรรม การเคลื่อนตัวของบริเวณลาดบริเวณโครงการพัฒนาอtoyดุง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย พบการเคลื่อนตัวของพื้นที่ 1-3 มม./เดือน ในช่วงฤดูฝนและมีลักษณะการเคลื่อนตัวแบบคืบ

Jotisankasa et al. (2009) [2] ทำการตรวจวัดพฤติกรรม การเคลื่อนตัวและแรงดันน้ำในลาดดินบริเวณทางขึ้นเขื่อนขุนด่านปราการชล และได้ทำการประเมินการเคลื่อนตัวของลาดดินโดยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ พบว่าการเคลื่อนตัวของลาดเกิดขึ้นเมื่อแรงดันน้ำในลาดมีค่าเป็นบวก ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงที่มีปริมาณฝนตกเกินประมาณ 100 มม ต่อวัน

อกินิตี และ วิษณุพงศ์ (2550) [3] ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เซ็นเซอร์ระดับจุลภาค ในการพัฒนา KU-Tensiometer สำหรับวัดแรงดันน้ำด้านลบและบวก และนำไปประยุกต์ใช้ในการทดสอบ Unconfined compression test, Direct shear test และใช้ในการตรวจวัดพฤติกรรมแรงคูดในสนามโดยเครื่องมือสามารถวัดค่าแรงคูด (หรือแรงดันน้ำด้านลบ) ได้สูงสุดเท่ากับ 90 kPa.

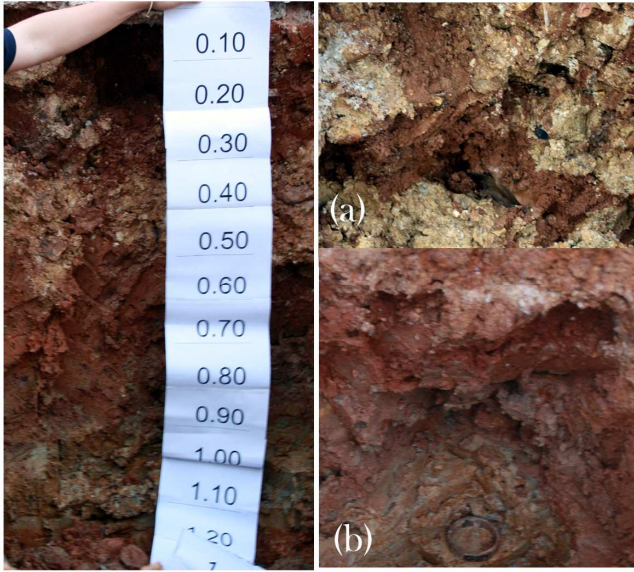
### 1.2 ผลการเจาะสำรวจ และผลการทดสอบคุณสมบัติของดิน

การศึกษาลักษณะของลาดดิน ได้ดำเนินการสำรวจ Geometry เพื่อประกอบในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน และเพื่อการวางแผนการเจาะสำรวจและติดตั้งเครื่องมือ และได้ศึกษาสภาพธรณีวิทยาบริเวณที่ตั้งอาคารปฏิบัติการ ดินฐานรากประกอบด้วยดินที่ผุพังจากหินทราย และหินทรายแป้งสำหรับลาดดินตัด และลาดดินถมเป็น Random materials ประกอบด้วยดินเหนียวปนกรวด มีความชื้นสูงภายใต้แผ่นคอนกรีต

ลักษณะของดินที่พบ จากการเจาะสำรวจได้ระดับฐานรากและปกคลุมด้วยผิวคอนกรีต มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2 ประกอบด้วยดินสองชนิด คือ (a) ดินเหนียวที่มีสภาพพลาสติกต่ำปนกรวด มีความชื้นสูง (CL และ GP) และ (b) ดินเหนียวที่มีสภาพพลาสติกต่ำ (CL) มีความชื้นในมวลดินสูง และเก็บตัวอย่างของดินชนิด (b) เพื่อทำการทดสอบแรงเฉือนตรง

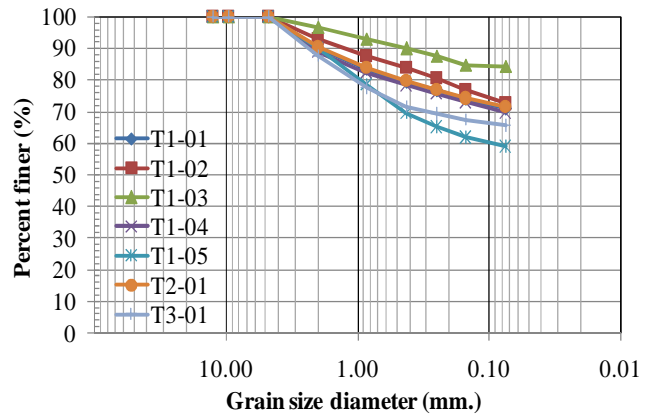
สำหรับดินใต้ฐานรากอาคารจากการเจาะสำรวจด้วยสว่านมือจำนวน 6 หลุมที่บริเวณระดับอาคารปฏิบัติการ และระดับชานพัก ในระหว่างการเจาะสำรวจพบการซึมของน้ำใต้ดินแทรกในระหว่างการเจาะ ณ บริเวณหลุมติดตั้ง INC-01 ที่ความลึก

ประมาณ -0.90 เมตร จากระดับผิวบน และบริเวณ INC-02 พบระดับน้ำใต้ดินที่ความลึกประมาณ -8.00 เมตรจากระดับผิวดิน

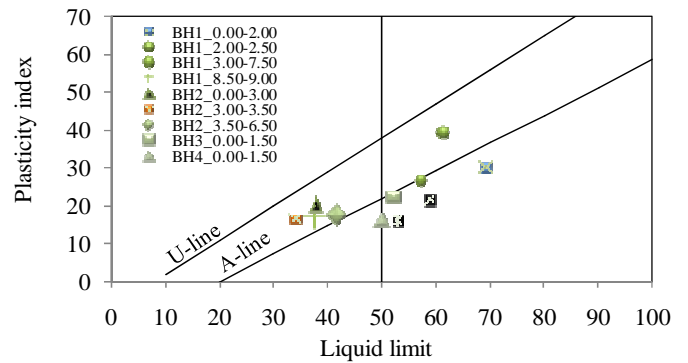


ภาพที่ 2 ลักษณะชั้นดินรองรับได้ฐานรากที่ถูกปกคลุมด้วยแผ่นคอนกรีต

ในขั้นตอนการทดลอง เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายขนาดของเม็ดดินตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ บริเวณตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด ที่ระดับ INC-01 (-2.10 ม.), INC-02 (-9.00 ม.), INC-03 (-2.00 ม.) และ INC-04 (-1.90 ม.) ซึ่งกำหนดระดับติดตั้งที่ต้องการ คือมีความลึกจนถึงระดับชั้นดินแข็ง พบว่า ความลึกผิวหน้าที่ 0.50 – 2.00 ม. มีลักษณะเป็นดินถม ประกอบด้วยเม็ดกรวดปนดินตะกอน มีการกระจายขนาดคละไม่สม่ำเสมอ และได้นำตัวอย่างแปรสภาพตลอดความลึกการเจาะ ทำการวิเคราะห์ด้วยตะแกรงแบบล้าง และทดสอบค่าพิกัด Atterberg สามารถแสดงผลการจำแนกด้วย Grain size distribution curve ดังภาพที่ 3 และ Plasticity chat ดังภาพที่ 4 จากข้อมูลพบว่า เม็ดดินส่วนใหญ่เป็นดินเม็ดละเอียด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.075 มม. Percent finer มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ จำแนกชนิดกลุ่มดินมีเป็นดินตะกอนทรายมีสภาพพลาสติกสูง (MH) และ ดินเหนียวมีสภาพพลาสติกต่ำ (CL)



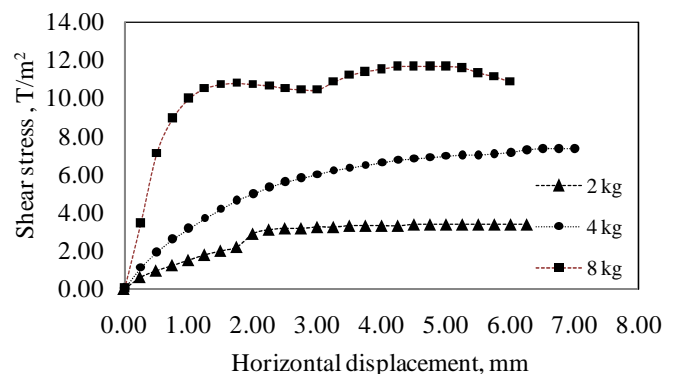
ภาพที่ 3 Grain size distribution curve



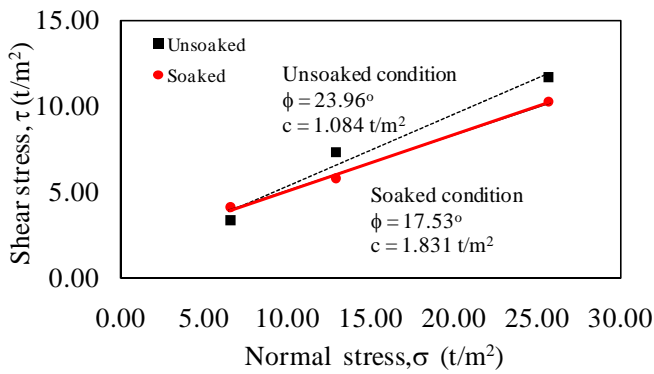
ภาพที่ 4 Plasticity chart

### 1.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของดิน

ผลทดสอบคุณสมบัติด้านกำลัง (Strength properties) ด้วยวิธีการทดสอบแรงเฉือนตรง ในสภาวะธรรมชาติ (Unsoaked condition) ช่วงฤดูฝน และสภาพแช่น้ำ (Soaked condition) กำหนดค่าน้ำหนัก Normal stress ที่ 6.55 , 12.94 และ 25.73 ตัน/ตร.ม. โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Horizontal displacement และ Shear stress ในภาพที่ 5 และ Normal stress และ Shear stress ในภาพที่ 6 ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า สภาพธรรมชาติค่ากำลังของดินมีค่า  $\phi = 23.96$  องศา และ  $C = 1.084$  ตัน/ตร.ม. สภาพแช่น้ำตัวอย่างดินมีค่ากำลัง  $\phi = 17.53$  องศา และ  $C = 1.831$  ตัน/ตร.ม.



ภาพที่ 5 Horizontal displacement and Shear stress (Direct Shear Test)



ภาพที่ 6 Normal stress and Shear stress (Direct Shear Test)

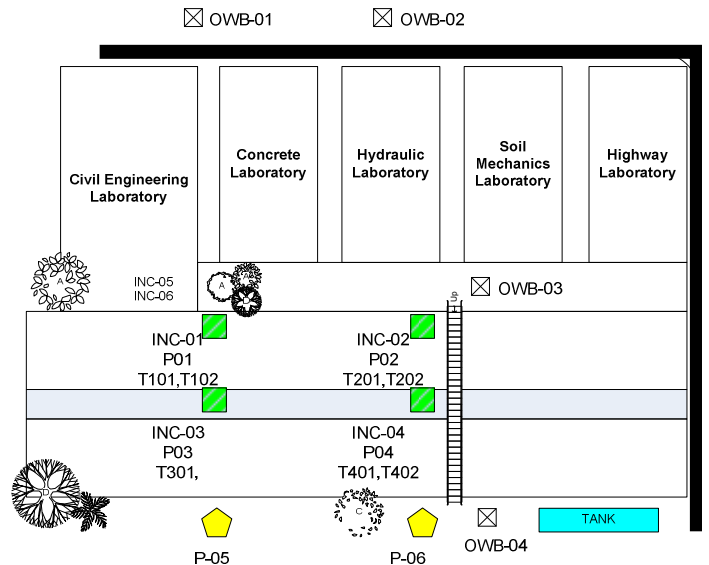
## 2. การติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรม

บริเวณพื้นที่วิจัย ได้ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดพฤติกรรมการไหลซึม การเคลื่อนตัว และปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ การกำหนดระดับความลึกการติดตั้ง โดยทำการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินเบื้องต้น จากคุณสมบัติของดินเพื่อศึกษา Failure surface และใช้ในการกำหนดระดับติดตั้ง Incliner tube ที่ต้องวางในชั้นดินที่มั่นคง

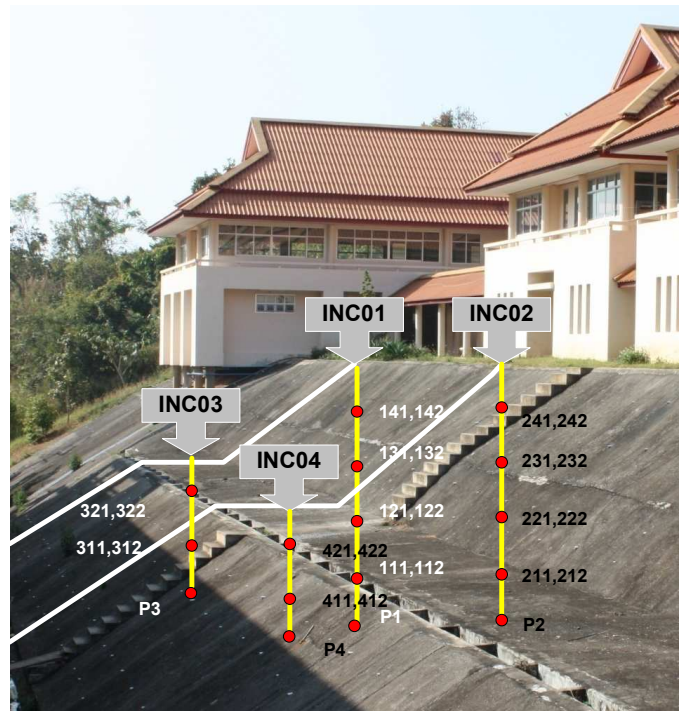
เครื่องมือวัดพฤติกรรมประกอบด้วย Sensor วัดการเคลื่อนตัว จำนวน 34 จุด ติดตั้งบน Incliner 4 ตำแหน่ง และวัดการไหลซึมด้วย Piezometer จำนวน 6 ตำแหน่ง สามารถสรุปจำนวนอุปกรณ์ติดตั้ง ตารางที่ 1 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรม และ Instrument locations ในภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8

ตารางที่ 1 จำนวนเครื่องมือวัดพฤติกรรมที่ติดตั้ง

เครื่องมือวัด	ตรวจวัด.	จำนวน
Inclinometer (INC)	การเคลื่อนตัว	34 sensor
Piezometer (P)	การไหลซึม	6 piezometer
Tensiometer (T)	แรงดูดของน้ำ	9 sensor
Observation Well (OWB)	ระดับน้ำใต้ดิน	4 well
Rain Gauge	ปริมาณน้ำฝน	1 gauge



ภาพที่ 7 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัดพฤติกรรม



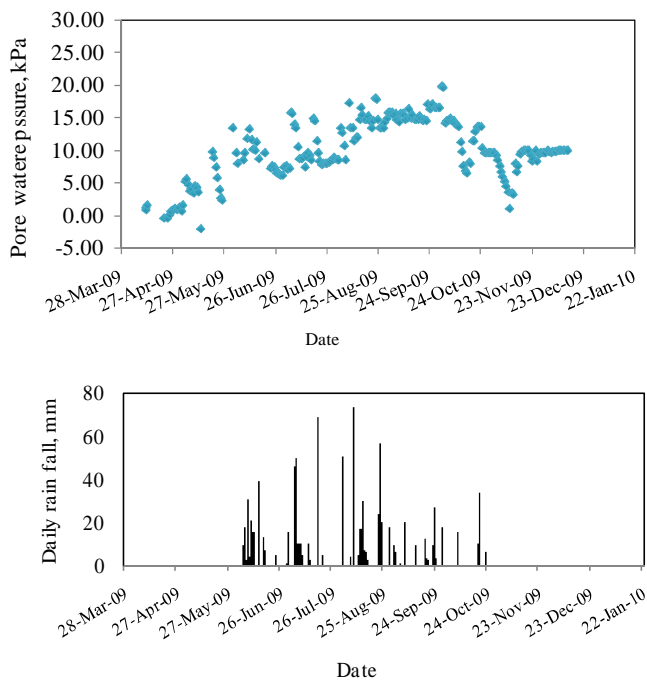
ภาพที่ 8 Instrument locations

(x,y,z) = (position number, sensor number, 1=left side 2=right side)

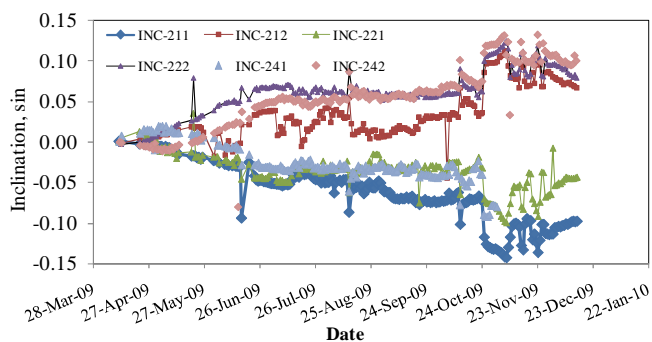
## 3. ผลการตรวจวัด

เครื่องมือวัดพฤติกรรมได้ดำเนินการติดตั้งในเดือนเมษายน 2552 และตรวจวัดถึงปัจจุบัน โดยผลการตรวจวัดแรงดันน้ำ และปริมาณฝนตรวจพบ ว่า Piezometer P-05 ติดตั้ง ตำแหน่ง Toe ของลาดดิน มีการตอบสนองค่าความดันตามค่าความดันน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงฤดูกาล จากความสัมพันธ์ในระหว่างค่าแรงดันน้ำ (Pore water pressure) กับฝนรายวัน (Daily rain fall) ภาพที่ 9

พฤติกรรมของการเคลื่อนตัวที่ตรวจวัดโดยInclinometer INC-02 ที่ระดับความลึก 9.00 ม. สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมการเคลื่อนตัว กับเวลาภาพที่ 10 พบว่ามีแนวโน้มการเคลื่อนตัวในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้ต้องดำเนินการตรวจวัดพฤติกรรมของลาดดินต่อไปในช่วงฤดูแล้งเพื่อศึกษาสาเหตุของการเคลื่อนตัวที่แท้จริงและนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาการเคลื่อนตัวที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 9 Pore water pressure and daily rainfall



ภาพที่ 10 Inclination and time

#### 4. สรุปผล

การทดสอบคุณสมบัติของดินฐานรากรองรับอาคาร และบริเวณตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด ประกอบด้วยดินถมกลุ่ม CL และ GP และดินเดิมที่เป็นดินผูกฟุ้งในที่ สามารถจำแนกได้เป็นดินชนิด CL และ MH ค่ากำลังรับแรงเฉือนของมวลดินด้วยวิธีแรงเฉือนตรง ทดสอบในสภาวะธรรมชาติ และสภาวะแช่น้ำ มีค่ากำลัง  $\phi = 23.96$  องศา,  $C = 1.084$  ตัน/ตร.ม. และ  $\phi = 17.53$  องศา,  $C = 1.831$  ตัน/ตร.ม. ตามลำดับ โดยผลการตรวจวัดพฤติกรรมในช่วงที่ผ่านมา พบว่าค่าแรงดันน้ำมีการตอบสนองตามแรงดันน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร ล้านนา, รศ.ดร.วรากร ไม้เรียง, คุณรัฐธรรม อิศโรพาร และศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพี และฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนการติดตั้งเครื่องมือวัด คำแนะนำในการวิเคราะห์ และการแปลผล รวมถึงนิสิตนักศึกษาที่มาร่วมสนับสนุนการทำงานในครั้งนี้

#### 6. บรรณานุกรม

- [1] อภินิติ และ สุทธิศักดิ์, 2551. การตรวจวัดพฤติกรรมของการเคลื่อนตัวของลาดบริเวณโครงการพัฒนาโดยสูง, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธา ครั้งที่ 13, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีพระทุม. 14-16 พฤษภาคม 2551.
- [2] Jotisankasa, A. Takahashi, A. Takeyama, A. and Mairaing, W., 2009. A study of deformation behavior of an instrumented slope subject to rainfall near Tha Dan Dam Thailand, The 14<sup>th</sup> national convention on civil engineering, school of civil engineering Suranaree University of Technology. May 13-15 2009.
- [3] อภินิติ ไซตีสังกาศ และวิญญพงศ์ พอลิละ, 2551. การพัฒนาระบบตรวจวัดพฤติกรรมดินถล่ม, การประชุมวิชาการเทคโนโลยีสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 28-29 มกราคม 2551.