

การตรวจวัดพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของลาดบริเวณโครงการพัฒนาโดยตุง

Monitoring Slope Deformation in the Doi Toong Development Project

อภินิติ โชติสังกัส (Apiniti Jotisankasa)¹

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ (Suttisak Soralump)²

¹อาจารย์ และ หัวหน้าหน่วยวิจัยนวัตกรรมทางวิศวกรรมปฐพี ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ fengatj@ku.ac.th

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ และหัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ fengsus@ku.ac.th

บทคัดย่อ : การเฝ้าระวังภัยดินถล่มสามารถกระทำได้หลายรูปแบบ ทั้งทางอ้อมเช่น การตรวจวัดน้ำฝน หรือ แรงดันน้ำ และทางตรง โดยการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของลาดดิน ซึ่งจะเหมาะสมกับงานที่ต้องการความแน่นอนและเมื่อลาดดินอยู่ใกล้โครงสร้างที่มีความสำคัญ บทความนี้นำเสนอผลการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของลาดดินภายในโครงการพัฒนาโดยตุงโดยใช้เครื่องมือ Inclinometer ชนิดทอร์ปิโด และ Inclinometer ชนิดติดตั้งในที่ (In Place) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากผลการตรวจวัดโดยใช้ Inclinometer ชนิดทอร์ปิโด ในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2550 พบว่าอัตราการเคลื่อนตัวของพื้นที่ทดสอบมีค่าประมาณ 1-3 มม./เดือน ซึ่งเป็นลักษณะการเคลื่อนตัวแบบการคืบ ทั้งนี้อัตราดังกล่าวไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นอัตราเฉลี่ยทั้งปี เนื่องจากระหว่างการตรวจวัดเป็นฤดูฝน ซึ่งจะมีการกระตุ้นการเคลื่อนตัวมากกว่าฤดูอื่น. สำหรับการตรวจวัดโดยใช้ KU-In Place Inclinometer พบว่าลักษณะการเอียงตัวที่ระดับตรวจวัดมีค่า 0.09-0.53 องศา/เดือน ในช่วงเดือน ตุลาคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2550 และพบว่าลักษณะการเอียงตัวนี้แปรผันกับปริมาณน้ำฝนสะสมอยู่บ้าง โดยอัตราการเคลื่อนตัวจะน้อยลงในช่วงที่ไม่มีฝนตกในบริเวณโครงการ

ABSTRACT: Early warning system for landslide can be of several types, each of which is based on different parameters, including for example, rainfall amount, pore water pressure, and slope deformation. Monitoring slope deformation generally suits a warning system which requires a greater degree of certainty and used for structures of economical and social importance. The paper reports on observations of slope movement in the Doi Toong Development project, using Digitilt inclinometer (Torpedo type), and KU-In place Inclinometer. The results of observations carried out from September until October 2007 using the Digitilt system indicates the creep rate of horizontal movement ranged between 1-3 mm/month. Nevertheless, this creep rate cannot be taken as an average annual value since the measurement was done only during rainy season. The results from KU-In place inclinometer indicate a tilting rate of 0.09-0.53degree/month from October until December. There seems to be some correlation between the cumulative rainfall and the cumulative tilting.

KEYWORDS : Slope deformation, Stability, Creep

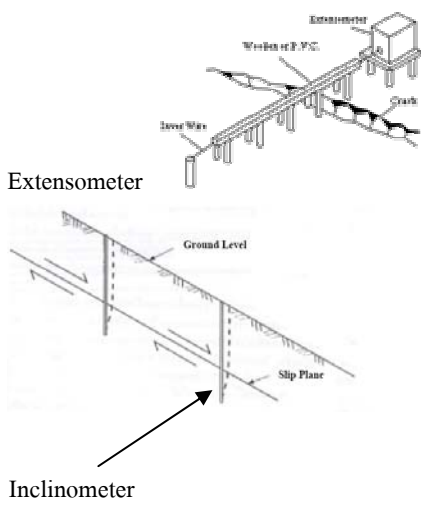
1. บทนำ

ดินถล่มนับว่าเป็นปัญหาธรรมชาติพิบัติภัยที่สำคัญในประเทศไทย การลดความสูญเสียจากดินถล่มนั้นสามารถกระทำได้หลายทาง

โดยทางหนึ่งคือการเฝ้าระวัง โดยการกำหนดมาตรการในการเตือนภัยเพื่ออพยพประชาชนออกจากพื้นที่เสี่ยงภัยได้อย่างทันทั่วทั้งที่ สำหรับการเฝ้าระวังภัยดินถล่มในประเทศไทย

โดยทั่วไปแล้วจะนิยมการใช้ปริมาณน้ำฝนเป็นเกณฑ์ โดยแบ่งเกณฑ์การเตือนภัยด้วยน้ำฝนรายวันที่ค่า 100, 200, และ 300 มิลลิเมตร สำหรับระดับความเสี่ยงระดับน้อย, ปานกลาง และมาก ตามลำดับ (กรมทรัพยากรธรณี 2549) ทั้งนี้การเตือนภัยด้วยน้ำฝนในลักษณะดังกล่าวจะมีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่บริเวณกว้างเช่นหุบเขาหรือหมู่บ้าน เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายและไม่จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการดูแลระบบ อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ถือว่าการเตือนภัยแบบทางอ้อม และอาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนอาจมีความแปรปรวน ปริมาณน้ำฝนวิกฤติซึ่งใช้ในการเตือนภัยนี้ยังขึ้นอยู่กับความชันและลักษณะทางธรณีวิทยาของลาดชัน ซึ่งจะแปรปรวนได้มากในแต่ละพื้นที่

วิธีการหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการเฝ้าระวังดินถล่มสำหรับพื้นที่ที่มีความเสี่ยงคือการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของลาดดินโดยตรง รูปแบบการตรวจวัดการเคลื่อนตัวมีด้วยกันหลายวิธี อาทิ การติดตั้งหมุดหลักฐานบนลาดและใช้วิธีการสำรวจทั่วไป การวัดการเคลื่อนตัวที่ผิวของลาด (Extensometer)และการวัดการเอียงและการเคลื่อนตัวด้านข้างที่ผิวดินและระดับลึกต่างๆ (Inclinometer) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวรูปแบบต่างๆ

เครื่องมือ Extensometer นั้นสามารถนำไปใช้ในกรณีที่ตรวจพบรอยแยก (crack) บนลาดดินและต้องการประเมินการเคลื่อนตัวระหว่างรอยแยกนั้น เครื่องมือ Inclinometer ใช้วัดความเอียงที่ระดับความลึกต่างๆ ในหลุมทดสอบโดยมีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ ชนิดคอร์ปีโด และชนิดติดในที่ (In Place) โดยเครื่องอ่านแบบคอร์ปีโดจะอ่านค่าโดยใช้บุคลากรหย่อนหัวอ่านทุกครั้งที่ต้องการอ่านค่า ในขณะที่ Inclinometer ชนิด In Place เครื่องมือ

จะติดตั้งในหลุมทดสอบและสามารถส่งข้อมูลแบบอัตโนมัติได้ เครื่องมือ Inclinometer นั้นนอกจากจะใช้ในการตรวจวัดพฤติกรรมดินถล่มเพื่อการเตือนภัยแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ในการประเมินหารูปแบบการพิบัติของลาดดินซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างมากในการออกแบบเพื่อปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดิน

โครงการศึกษาเสถียรภาพของลาดชันในพื้นที่โครงการพัฒนาอtoyดุงฯ ซึ่งศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นที่ปรึกษาให้กับกรมทรัพยากรธรณี ซึ่งดำเนินงานโดยมีวัตถุประสงค์หลักในการประเมินความมั่นคงของลาดชันในพื้นที่โครงการพัฒนาอtoyดุงฯ เพื่อเสนอแนวทางการเตือนภัยและการป้องกันเชิงวิศวกรรมที่จำเป็น ส่วนหนึ่งของการศึกษานี้ได้รวมไปถึงการติดตั้งระบบเตือนภัยและตรวจวัดพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของลาดดินในตำแหน่งที่มีความสำคัญในโครงการ 3 ตำแหน่ง ซึ่งมีสภาพการเคลื่อนตัวของลาดชันดังแสดงในภาพที่ 2 และสรุปเครื่องมือที่ติดตั้งไว้ในตารางที่ 1.

ตำแหน่งทดสอบ	อุปกรณ์ที่ทำการติดตั้ง
1	1. Inclinometer (Torpedo type) 2. In-Place Inclinometer (KU type) @ ความลึก 5.5 ม. และ 11.5 ม. และด้านข้างคันไม้
2	1. Inclinometer (Torpedo type)
3	1. In-Place Inclinometer (KU type) @ ความลึก 0.8, 1.8, 2.8, 3.8 ม. 2. KU-Piezometer @ ความลึก 4.5 ม

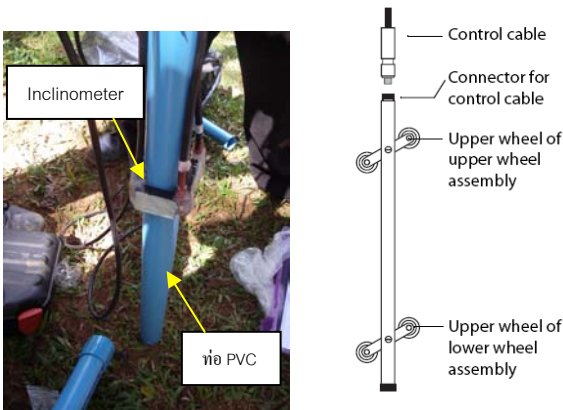
ตารางที่ 1 การติดตั้งเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวในตำแหน่งต่างๆ

สำหรับเครื่องมือ Inclinometer แบบหัวอ่าน Torpedo เป็นชนิดมาตรฐานดังแสดงในภาพที่ 3 สำหรับ In-Place Inclinometer ซึ่งทำการติดตั้งนั้นพัฒนาขึ้นโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ (อภินิติ และวิญญพงศ์, 2551) KU-Inclinometer นี้สามารถอ่านค่าแบบอัตโนมัติและใช้การส่งสัญญาณแบบไร้สาย (Wireless) ได้ แต่อย่างไรก็ตาม KU-Inclinometer จะมีความถูกต้องประมาณ 1 มม/500 มม. ซึ่งน้อยกว่า Inclinometer ชนิด Torpedo (ซึ่งถูกต้องประมาณ 1 มม/2000 มม) แต่ข้อดีคือราคาถูก และเหมาะต่องานซึ่งไม่ต้องการความละเอียดมาก

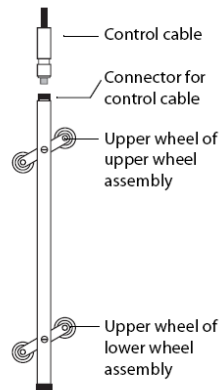


ภาพที่ 2 สภาพทั่วไปของลาดดินที่ติดตั้งเครื่องมือวัด ซึ่งพบการเอียงตัวของคันไม้

ในบทความนี้จะได้นำเสนอผลการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของเครื่องมือดังกล่าวในบริเวณพื้นที่โครงการพัฒนาคอกขุด ซึ่งบ่งชี้ถึงการเคลื่อนตัวในลักษณะการคืบ creep และเสนอแนะแนวทางการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวและการเตือนภัย



KU- In Place Inclinator



Digitilt Inclinator

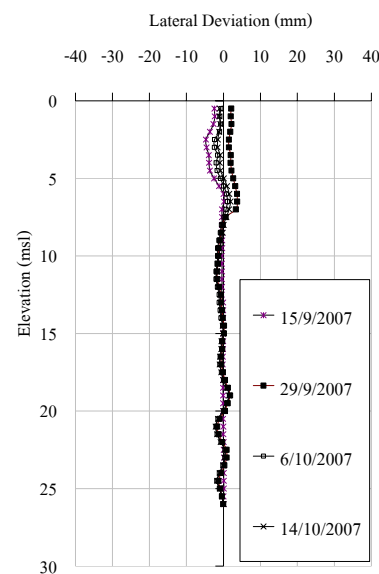
ภาพที่ 3 Torpedo Inclinator และ KU-In Place Inclinator

2. ผลการตรวจวัดการเคลื่อนตัวโดย Inclinator ชนิดเทอร์ปิด

การตรวจวัดพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของลาดดินด้วย Inclinator ชนิด Torpedo มีด้วยกัน 2 ตำแหน่งซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยง โดยดำเนินการอ่านค่าตั้งแต่ช่วง กันยายน ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน โดยท่อ Inclinator นั้นฝังลงในดินจนถึงความลึก 29.8 เมตร ในตำแหน่งที่ 1 และฝังลงถึง 20 เมตร ในตำแหน่งที่ 2. ความลึกที่ทำการฝังนี้เป็นชั้นดินแข็งหรือชั้นหิน ซึ่งคาดว่าไม่มีการเคลื่อนตัว. อนึ่ง ข้อมูลที่จะได้แสดงต่อไปนี้ได้ถูกกลั่นกรองโดยตัดค่าที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนต่างๆ ออกไป

2.1 ผลการตรวจวัดตำแหน่งที่ 1

ภาพที่ 4 ถึง 9 แสดงลักษณะการเคลื่อนตัวที่ตรวจวัดได้ในแนวนานกับความลาด (แนวตั้งฉากกับเส้นชั้นความสูง) โดยได้กำหนดให้การเคลื่อนตัวในวันที่ 14 กันยายนเป็นค่าเริ่มต้นเนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่คาดว่าวัสดุ grout และท่อพลาสติกมีความมั่นคงดีพอแล้ว จากค่าที่แสดงในรูปที่ 4 และ 5 เห็นได้ว่าการเคลื่อนตัวมีค่าไม่เกิน ± 4 มม. ในช่วงความลึกไม่เกิน 20 เมตร และมีลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นรูปคลื่นตามเวลาซึ่งคาดว่า เป็นผลจากความละเอียดของเครื่องมือและสภาพของท่อพลาสติก ซึ่งเมื่อทำการคำนวณอัตราการเคลื่อนตัวโดยใช้เทคนิค regression analysis กับ การเคลื่อนตัวต่อเวลา ดังตัวอย่างในรูปที่ 6 พบว่าดินอาจมีการเคลื่อนตัวในลักษณะการคืบ (creep) และยังพบว่าการคืบเด่นชัดในช่วงความลึก 0-8 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยมีอัตราการคืบที่ 1-2.5 มม./เดือน ช่วงความลึกที่เกิดการคืบนี้สอดคล้องกับลักษณะชั้นดินที่ได้จากรายงานการเจาะสำรวจซึ่งชี้ว่าดินในช่วงความลึก 0-7 เมตร มีลักษณะหลวมถึงแน่นปานกลาง (Blow count, $N < 30$) ในขณะที่ดินในช่วงความลึกมากกว่า 8 เมตรจะมีความแน่นสูงถึงสูงมาก.



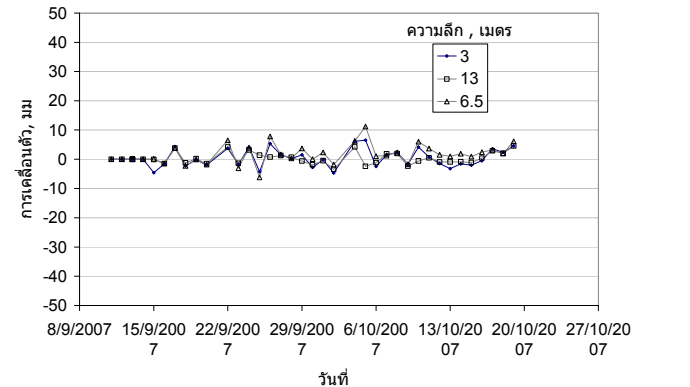
ภาพที่ 4 การเคลื่อนตัวด้านข้างในแนวความลาดเอียง ตำแหน่งที่ 1

นอกจากนั้นเมื่อตรวจสอบ การเปลี่ยนแปลงอัตราการคืบตามระยะเวลา ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งคำนวณโดยการวิเคราะห์ regression ในช่วงเวลา ± 9 วัน เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝน ดังแสดงในภาพที่ 8 เห็นได้ว่าจะไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างการเคลื่อนตัวและน้ำฝนในช่วงการตรวจวัดสั้นๆ เพียงสองเดือน. สำหรับการเคลื่อนตัวในแนวนานกับเส้นชั้นความสูงของลาด พบว่ามีการเคลื่อนตัวน้อยมากระหว่างวันที่ 18-23

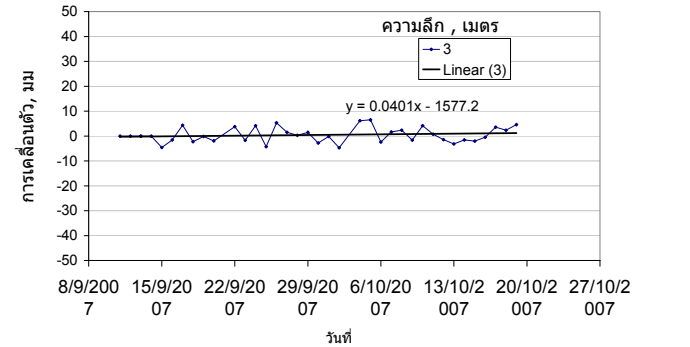
กันยายน และไม่เกิน ± 2 มม. ในช่วงความลึก 8 เมตร จึงไม่แสดงผลไว้ ณ. ที่นี้

2.2 ผลการตรวจวัดตำแหน่งที่ 2

สำหรับตำแหน่งที่ 2 รูปแบบการทดสอบและวิเคราะห์ผลจะมีลักษณะเหมือนตำแหน่งที่ 1 ดังแสดงไว้ในภาพที่ 10 ถึง 12 โดยเมื่อคำนวณหาแนวโน้มการคืบตัวด้วยวิธี regression analysis พบว่าลาดดินมีการคืบตัวที่อัตราประมาณ 1-3 มม./เดือน โดยอัตราการคืบจะมีค่ามากที่สุดที่บริเวณผิวดิน และลดลงตามความลึกจนเป็นศูนย์ที่ความลึกประมาณ 13 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 12 ลักษณะการเคลื่อนตัวนี้สอดคล้องกับผลการเจาะสำรวจชั้นดินซึ่งชี้ว่าดินในช่วงความลึก 0-10 เมตร มีลักษณะหลวมถึงแน่นปานกลาง (Blow count, N<34) ในขณะที่ดินที่ความลึกมากขึ้นจะมีลักษณะแน่นมาก



ภาพที่ 5 การเคลื่อนตัวด้านข้างในแนวความลาดเอียง ตามระยะเวลา ตำแหน่งที่ 1

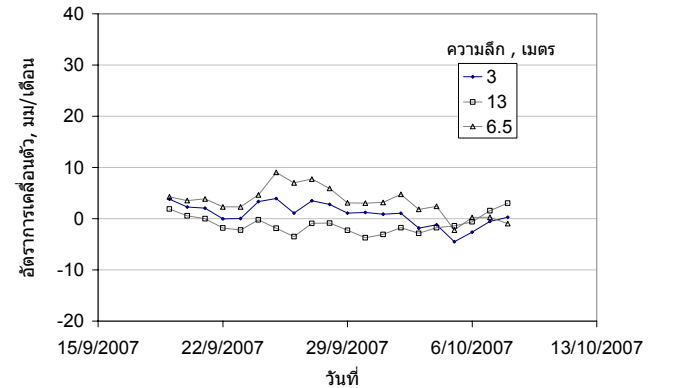


ภาพที่ 6 ตัวอย่างการคำนวณอัตราการคืบของลาดดินด้านข้างในแนวความลาดเอียง โดยวิธี Regression analysis

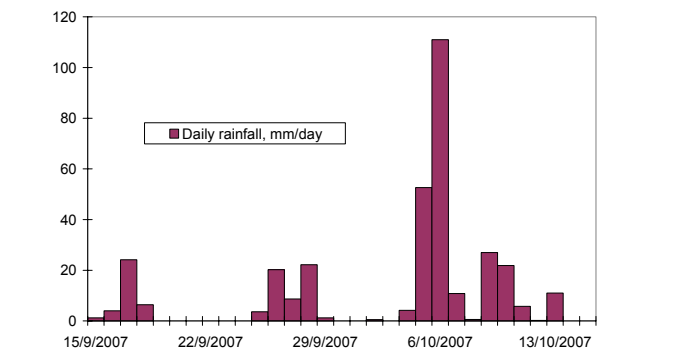
สรุปได้ว่าสำหรับตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ไม่ตรวจพบการเคลื่อนตัวที่รุนแรง ในช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2550 แต่อาจมีลักษณะการคืบ (Creep) ของลาดดินที่อัตรา 1-3 มม./เดือน ในช่วงความลึก 0-12 เมตร ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อ

โครงสร้างในระยะยาวได้หากมีอัตราการเคลื่อนที่เร่งมากขึ้น จึงสมควรมีการตรวจวัดการเคลื่อนตัวอย่างต่อเนื่องไปอีกระยะ

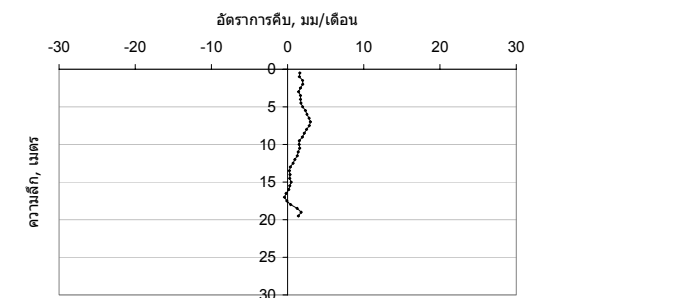
ทั้งนี้ในช่วงปลายเดือนตุลาคม เครื่อง Inclinomater ชนิด Torpedo เริ่มเกิดความบกพร่องบางประการไม่สามารถอ่านค่าได้ และโครงการศึกษาครั้งนี้ได้สิ้นสุดระยะเวลาทำงานลง ข้อมูลตรวจวัดสำหรับ Torpedo inclinometer จึงมีเพียงเดือนตุลาคมอย่างไรก็ตามทางคณะนักวิจัยได้ติดตามอ่านค่าจาก KU-In Place inclinometer ดังได้แสดงต่อไป



ภาพที่ 7 อัตราการเคลื่อนตัวตามระยะเวลา ตำแหน่งที่ 1



ภาพที่ 8 อัตราการตกของฝน บริเวณสถานีเกษตรคอดุง

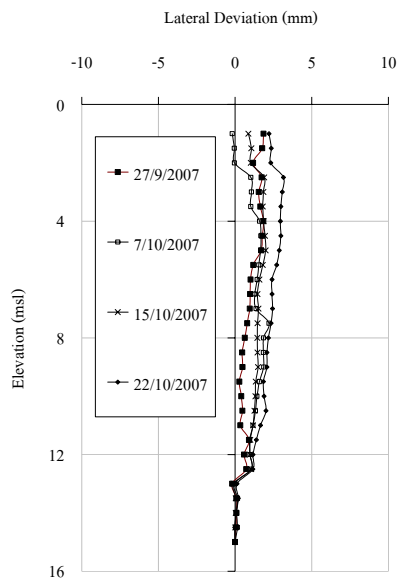


ภาพที่ 9 อัตราการเคลื่อนตัวตามความลึก ตำแหน่งที่ 1

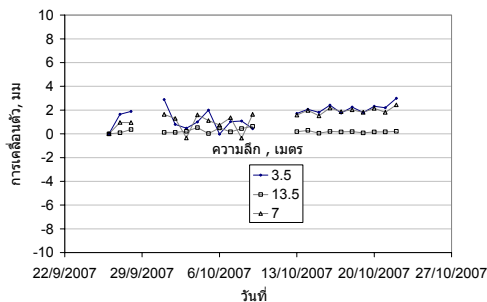
3. ผลการตรวจวัดการเคลื่อนตัวโดย In-Place Inclinometer

การตรวจวัดด้วย KU-Inclinometer ได้ดำเนินการสำหรับตำแหน่งที่หนึ่งและสามด้วยกัน โดยสำหรับตำแหน่งที่ 1 ได้ติดตั้งเซนเซอร์วัดมุมเอียงที่ด้านข้างภายนอกของท่อ PVC สำหรับ Digitilt Inclinometer โดยติดตั้งที่ระดับความลึก 5.5,

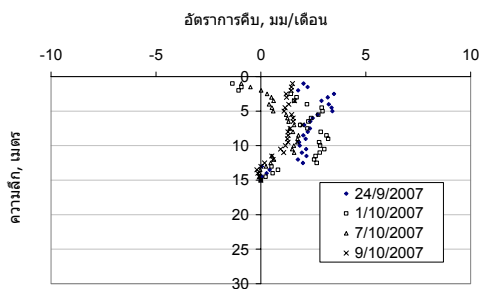
11.5 เมตร และบริเวณด้านข้างลำต้นไม้ใหญ่ ซึ่งอยู่บนลาดดินเดียวกัน สำหรับตำแหน่งที่สาม ได้ติดตั้งที่ระดับความลึก 0.9, 1.9, 2.9 และ 3.9 เมตร ดังได้แสดงในภาพที่ 13



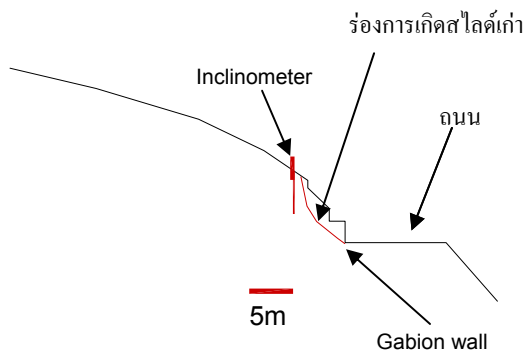
ภาพที่ 10 การเคลื่อนตัวด้านข้างในแนวความลาดเอียง ตำแหน่งที่ 2



ภาพที่ 11 การเคลื่อนตัวด้านข้างในแนวความลาดเอียง ที่ความลึกต่างๆ ตำแหน่งที่ 2



ภาพที่ 12 อัตราการเคลื่อนตัวตามความลึก ตำแหน่งที่ 2



ภาพที่ 13 การติดตั้ง In Place Inclinometer ตำแหน่งที่ 3

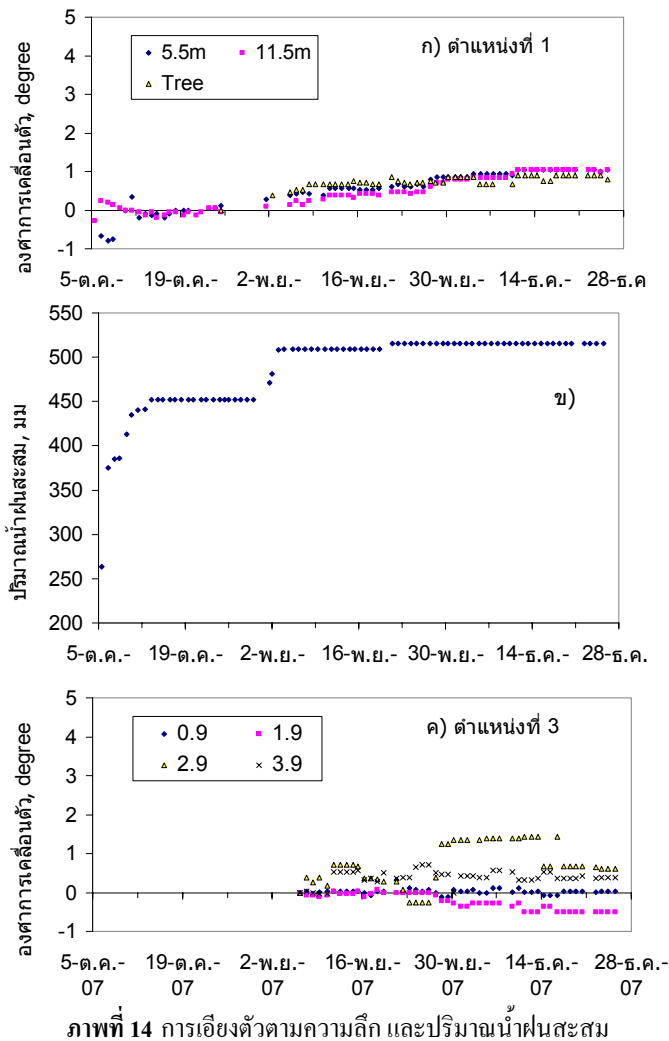
อนึ่ง เนื่องจากค่าที่ตรวจวัดได้จาก In-Place Inclinometer นั้นเป็นการเอียงตัวที่บางระดับความลึกเท่านั้น จึงไม่ได้นำมาคำนวณเพื่อหาการเคลื่อนที่ด้านข้างอย่างในกรณีของ Torpedo Inclinometer ซึ่งมีการตรวจวัดที่หลายระดับความลึกและละเอียดมากกว่า. ผลที่ได้ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 14 จึงมีเพียงมุมเอียงเท่านั้น

การเอียงตัวดังแสดงในภาพที่ 14ก และ 14ข บ่งชี้ว่า ในตำแหน่งที่ 1 ทางการเมืองตัวที่อาจแปรผันกับปริมาณน้ำฝนสะสม กล่าวคือการเอียงตัวมีอัตราที่น้อยลงเมื่อไม่มีฝนตก. สำหรับตำแหน่งที่ 3 (ภาพที่ 14ค) ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนและการเอียงตัวไม่มีความชัดเจนเนื่องจากข้อมูลมีจำกัด แต่พบลักษณะที่น่าสนใจคือการเอียงตัวที่ความลึก 0-2 เมตร มีค่าน้อยแต่จะมีค่ามากขึ้นในช่วงความลึก 2.9-3.9 เมตร ซึ่งน่าจะบ่งชี้ถึงบริเวณที่จะเป็นแนวเคลื่อนพังหรือ weak plane ได้. สำหรับอัตรา การเอียงตัวนั้น เมื่อวิเคราะห์ regression พบว่า ตำแหน่งที่หนึ่ง มีอัตราการเอียงตัวที่ 0.53 องศาต่อเดือน และตำแหน่งที่สามมีอัตรา 0.09-0.42 องศาต่อเดือน.

อนึ่ง ในช่วงแรกของการตรวจวัดที่ตำแหน่งที่ 1 (ช่วงเดือนพฤศจิกายน) พบว่ามีปัญหาการเปลี่ยนแปลงของค่าศูนย์ (Zero drift) เนื่องจากความชื้น และได้แก้ปัญหาโดยการติดตั้งวงจรกรองสัญญาณตามเอกสารแนะนำของผู้ผลิตเซนเซอร์ และทำการติดตั้งเซนเซอร์สองตัวต่อหนึ่งระดับความลึกในทิศทางสลับกัน โดยการติดตั้งลักษณะนี้จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนจาก zero drift ได้ ด้วยสมมุติฐานว่าเมื่อเกิด zero drift ขึ้นกับสัญญาณไฟฟ้า ค่า drift นี้จะหักล้างกันไป อย่างไรก็ตามปัญหาเรื่อง zero drift เนื่องจากความชื้น ยังเป็นประเด็นที่คณะนักวิจัยจะมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจาก KU-Inclinometer นี้

4. เกณฑ์การเตือนภัย

โดยทั่วไปแล้วการเตือนภัยดินถล่มจากการเคลื่อนตัวจะพิจารณาจากอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ (Crosta & Agliardi, 2002) โดยจะถือว่าการพิบัติเกิดขึ้นเมื่ออัตราเร็วมีค่าเท่ากับ Infinity หรือเมื่อส่วนกลับของความเร็วมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งมีวิธีการทำนายดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 15 สำหรับลาดเขาในประเทศอิตาลี การเตือนภัยที่ระดับต่างๆ อาจกำหนดให้อยู่ในช่วง 7, 15 และ 30 วันก่อนวันที่ทำนายว่าจะเกิดดินถล่มนั่นเอง



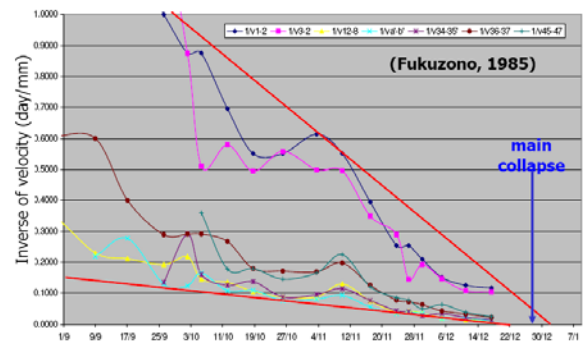
ภาพที่ 14 การเอียงตัวตามความลึก และปริมาณน้ำฝนสะสม

สำหรับกรณีของลาดดินในโครงการคอยดุง อัตราการคืบค่อนข้างจะคงที่และยังไม่พบการเร่งขึ้นที่ชัดเจน ทั้งนี้อาจมีปัจจัยกระตุ้นที่ทำให้อัตราการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นในอนาคตได้ ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติ อาทิ ฝนตกในปริมาณมาก แรงดันน้ำในดิน แผ่นดินไหว และปัจจัยจากมนุษย์ อาทิ การปรับเปลี่ยนลาดดินให้ชันขึ้น หรือแรงสั่นสะเทือนจากกิจกรรมการก่อสร้าง โดยการเคลื่อนตัวด้วยอัตราการคืบ (1-3 มม./เดือน) ที่ตรวจพบในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม พ.ศ. 2550 นี้จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายในระดับรุนแรงแบบทันทีทันใด แต่อาจก่อให้เกิดความเสียหายในระยะยาวต่อโครงสร้างด้านบนหรือบริเวณลาดดินเหนือถนนด้านล่างได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจวัดการเคลื่อนที่และหมั่นสังเกตรอยแตกร้าวของอาคารที่อยู่ด้านบนของลาดดินอยู่เสมอโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

4. สรุป

การตรวจวัดการเคลื่อนตัวของลาดดินเป็นวิธีทางตรงวิธีหนึ่งที่เหมาะสมกับการเฝ้าระวังภัยดินถล่มซึ่งอยู่ใกล้ชิดกับโครงสร้างที่

มีความสำคัญ คณะผู้ศึกษาได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนตัวแบบ Inclinator ในบริเวณโครงการพัฒนาคอยดุงพบว่าในช่วง เดือน กันยายน-ตุลาคม 2550 อัตราการเคลื่อนตัวของลาดมีค่าประมาณ 1-2.5 มม./เดือน โดยการเคลื่อนตัวจะช้าลงเมื่อไม่มีฝนตก สำหรับเครื่องมือ In-Place Inclinator ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แม้ว่าจะมีความละเอียดน้อยกว่า Inclinator ชนิดมาตรฐาน แต่คาดว่าจะมีศักยภาพเพียงพอในการบอกแนวโน้มของการเร่งการเคลื่อนตัวและการเตือนภัย



ภาพที่ 15 ตัวอย่างการเตือนภัยโดยใช้การเคลื่อนตัวในประเทศอิตาลี [5]

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการพัฒนาคอยดุงฯ และกรมทรัพยากรธรณี. นิสิตปริญญาโท และบุคลากรของศูนย์วิจัยวิศวกรรมปฐพี ม.เกษตรศาสตร์ และจากม.เทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา จ.เชียงใหม่ ในการติดตั้งเครื่องมือวัด และการอ่านค่าโดยบุคลากรของโครงการพัฒนาคอยดุงฯ

6. บรรณานุกรม

- [1] กรมทรัพยากรธรณี, 2550. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาความเสถียรของลาดชันในพื้นที่โครงการพัฒนาคอยดุง. เสนอโดย ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [2] อภินิติ ไซตัสกัส และ วิญญพงศ์ พอลิตะ, 2551ก. การพัฒนาระบบตรวจวัดพฤติกรรมดินถล่ม. การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 28-29 มกราคม 2551
- [4] Crosta, G.B. & Agliardi, F. (2002). How to obtain alert velocity thresholds for large rockslides. Physics and Chemistry of the Earth. 27. Pergamon. 1557-1565
- [5] Casagli N. (2007). New technologies for landslide risk management . Workshop on Climate change and slope stability, <http://cliffs.lboro.ac.uk/>