

รศ.ดร. วรากร ไบ้เรียง, รศ.ดร.ภรรยา วัฒนบุญกิจ,
พศ.ดร.สุรศักดิ์ ศรีสัมพันธ์, ดร.อภิชาติ โชติสังกาศ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตร



การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และงานวิศวกรรมเชิงลาด Climate change and slope engineering



บทนำ

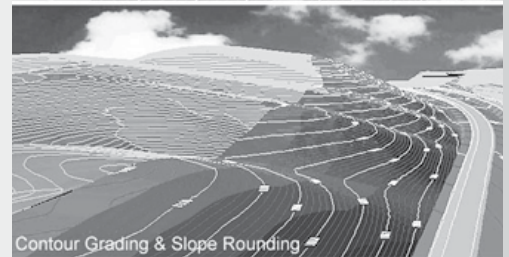
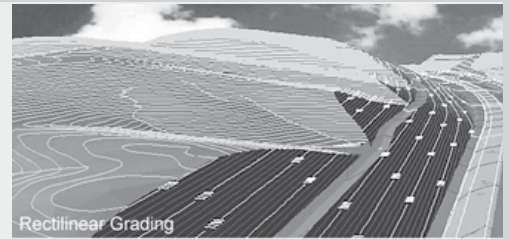
ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกก่อให้เกิดผลกระทบต่างๆ ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคม ซึ่งนานประเทศต่างๆ ทั่วโลก

ได้ให้ความสำคัญเตรียมพร้อมรับมือกับปรากฏการณ์ดังกล่าว ทั้งในแง่การลดสาเหตุ อันได้แก่การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก และการเตรียมพร้อมรับมือภัยพิบัติทางธรรมชาติที่อาจมีความรุนแรงขึ้นได้ ทั้งระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น น้ำท่วมดินถล่ม ฯลฯ งานทางวิศวกรรมเชิงลาด (Slope engineering) นับว่าได้รับผลกระทบอย่างมากจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกดังกล่าว



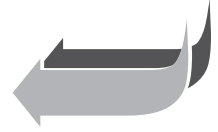
การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก และประเทศไทย

ในความเป็นจริงการศึกษาวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกได้เริ่มความเข้มข้นมาตั้งแต่ เกิดการตกลงระหว่างนานาชาติและบันทึกเป็นสนธิสัญญาเกียวโต (Kyoto Protocol) ในปี พ.ศ. 2540 ให้ทุกประเทศพร้อมร่วมมืออย่างจริงจังในปีพ.ศ.2548 โดยมีหน่วยงานสหประชาชาติเป็นแกนเชื่อมโยงให้ประเทศอุตสาหกรรม 37 ประเทศเน้นความร่วมมือในการลดก๊าซเรือนกระจก (GHG= Green House Gas) เป็นปฐมฤกษ์ สาเหตุสำคัญเนื่องมาจากผลงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในหลายสาขาได้ค้นพบทั้งความเปลี่ยนแปลงและผลกระทบอย่างชัดเจนแน่นอนซึ่งยังไม่ใช่ผลสรุปสุดท้ายของการวิจัยก็ตาม การเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและอยู่ในความติดตามของมวลชนได้แก่ ชั้นโอโซนที่หุ้มห่อบรรยากาศโลก การเคลื่อนที่ของขั้วแม่เหล็กโลก ลักษณะน้ำแข็งขั้วโลก การเคลื่อนที่ของมวลความร้อน การไหลเวียนของน้ำในมหาสมุทร ความถี่และความรุนแรงของพายุ แผ่นดินไหว ความแห้งแล้ง ดินถล่ม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1 คือ



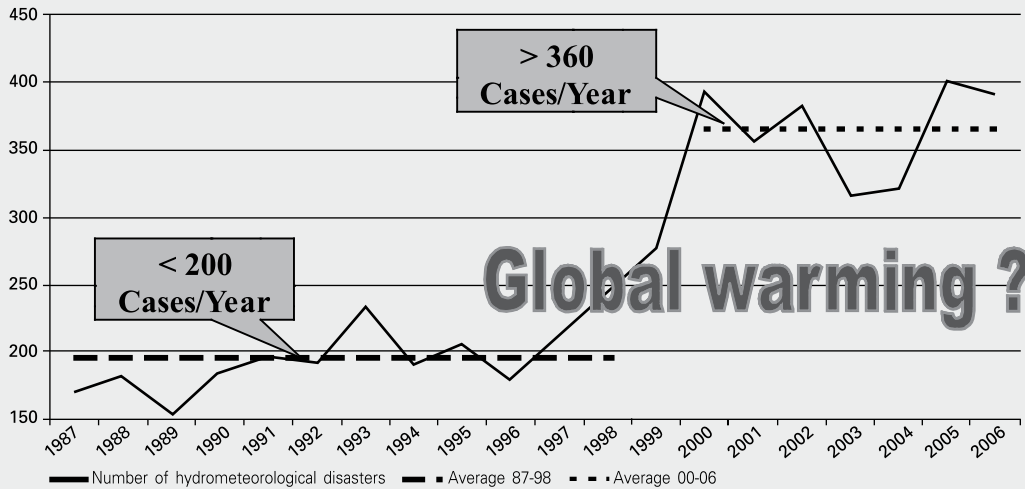
ผลสรุปอย่างเป็นทางการรวบรวมการเกิดภัยพิบัติจากธรรมชาติบนผิวโลก ที่ส่งผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์อย่างชัดเจนในหลายพื้นที่ทั่วโลก โดยปรากฏปัจจัยหลักของการทำลายสูงสุดมีสาเหตุมาจาก อุทกภัย ที่เกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ด้วยขนาดที่แตกต่างกันอันประกอบด้วย น้ำป่า โคลนถล่ม น้ำท่วมขัง คลื่นยักษ์ (flash flood, debris flow, inundation, Tsunami) เป็นต้น

แม้ว่าสนธิสัญญาเกียวโตหรือบางท่านอาจเรียกว่าพิธีสารเกียวโตนี้จะหมดอายุลงในปี พ.ศ.2555 แต่การศึกษาถึงปัจจุบันในหลายสาขาได้ยืนยันถึงสาเหตุและผลกระทบรุนแรงที่ยังเกิดต่อเนื่อง ทำให้เกิดการสรุปแสดงผลการศึกษาเพื่อเร่งความร่วมมือให้มากขึ้นในปีพ.ศ.2552 ด้วยการประชุมระดับนานาชาติ



วิศวกรรม

Number of hydrometeorological disasters



- Occurrence of hydrometeorological disasters: 1987-2006 with averages for periods 1987-1998 and 2000-2006

รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนภัยธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลสภาวะอากาศ

ของสหประชาชาติร่วมกับรัฐบาลประเทศเดนมาร์ก ในด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก หรือที่รู้จักกันในชื่อ COP15 /Klima Forum09 ณ เมือง Copenhagen ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในบทความเฉพาะต่อไป

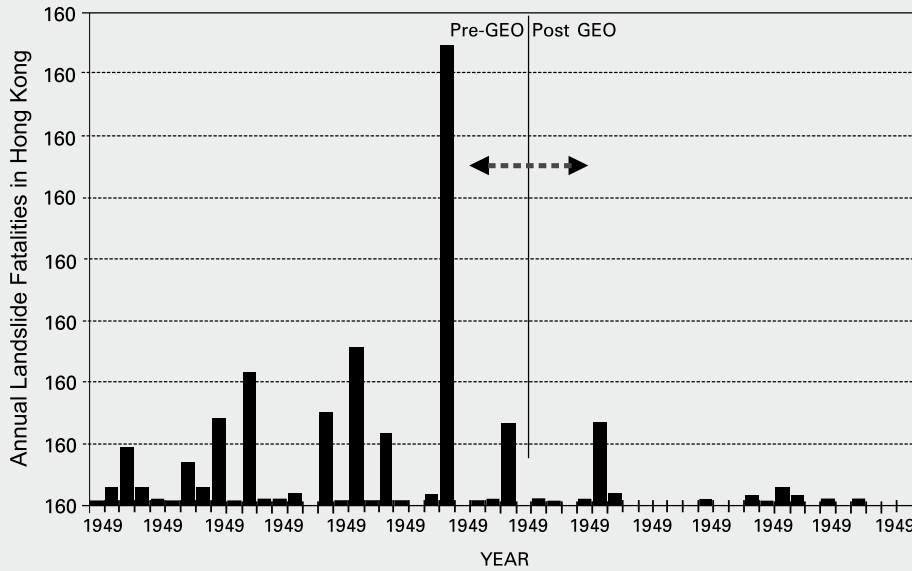


สถานการณ์ดินถล่ม

ดินถล่ม นับว่าเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติซึ่งได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกโดยตรง ตามนิยามแล้ว ดินถล่มคือเหตุการณ์ที่มวลดินปริมาณมาก (ตั้งแต่ 10 ลบ.ม. ถึงมากกว่า 100 ล้าน ลบ.ม.) เกิดการรบกวนและมีการเคลื่อนตัวจากที่สูงบนลาดดินธรรมชาติหรือลาดดินที่ก่อสร้างขึ้นลงสู่ที่ต่ำ ทั้งยังมีพลังงานในการทำลายสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในแนวทางการเคลื่อนผ่าน ดังนั้นจึงทำความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้มากมายจนถึงได้เป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติ ประเภทที่เกี่ยวข้องกับสภาวะอากาศและฝน (Hydro-meteorological disasters) ที่สำคัญประเภทหนึ่ง ดังนั้นจึงไม่ต้องสงสัยเลยว่าหากสภาวะอากาศของโลกและประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไปย่อมมีผลกระทบโดยตรงกับดินถล่ม

สาเหตุของดินถล่มมักเกิดจากขบวนการทางธรรมชาติ เช่น ฝนและความชื้นในดิน การกัดกร่อนผุพังของดินและหิน การเปลี่ยนแปลงสภาพป่าจากไฟป่า เป็นต้น แต่ในปัจจุบันกิจกรรมที่มนุษย์เข้าไป

รบกวนธรรมชาติมีมากขึ้นอาจเป็นสาเหตุของดินถล่มได้ เช่น การรुक้าเขตป่าและการปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การก่อสร้างและปรับเปลี่ยนความชันของลาดเขา เป็นต้น คำอธิบายขบวนการเกิดดินถล่มทางด้านวิศวกรรมปฐพีนั้นคือ เมื่อดินบนที่ลาดชันมีแรงลดลงจากน้ำหนักของดินเองตามแรงโน้มถ่วงถ้าหากแรงต้านทานที่เกิดจากกำลังของดินบนผิวที่อาจพิบัติมีมากกว่าก็จะไม่เกิดการถล่มขึ้น แต่เมื่อน้ำฝนไหลซึมลงในชั้นดินและลดกำลังของดินลงจนแรงต้านทานต่ำกว่าจุดวิกฤตก็จะเกิดการถล่มและมวลดินเริ่มเคลื่อนตัวและอาจหยุดเมื่อความชันของมวลดินที่ถล่มราบพอที่จะเกิดการสมดุล หากยังคงมีฝนตกต่อเนื่องมักจะมีพฤติกรรมที่ดินจะผสมกับน้ำจนเหลวเป็นน้ำโคลนและสามารถไหลต่อเนื่องและรวมตัวกันเป็นปริมาณมากๆ ไหลตามลำน้ำไปได้ไกลจากที่เกิดการถล่มหลายกิโลเมตรและมีอำนาจการทำลายล้างสูงมากดังเช่นที่ อ.พิปูน จ.นครศรีธรรมราช และบ้านน้ำก้อ จ. เพชรบูรณ์ เป็นต้น



รูปที่ 4 การลดจำนวนผู้เสียชีวิตจากการจัดตั้งหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงของฮ่องกง

จากผลการวิจัยของ Soralump, 2007 ได้ประเมินว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 ถึง 2006 ในประเทศไทยมีการเสียชีวิตรวม 534 ราย และมูลค่าความเสียหายที่เกี่ยวข้อง 3,885 ล้านบาท ซึ่งหากพิจารณาจากความถี่ที่เกิดขึ้นประกอบจะมีความเสียหายเฉลี่ยต่อปีไม่ต่ำกว่า ในกรณีของคลื่น สึนามิ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ขณะที่ความตื่นตัวทางด้านการศึกษาวิเคราะห์และการมีมาตรการป้องกันในระยะยาวต่อเนื่องยังมีอยู่น้อยเมื่อเทียบกับภัยพิบัติทางธรรมชาติอื่น แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลของหลายประเทศสรุปได้ตรงกันว่า ภัยพิบัติจากดินถล่มสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าและมีแนวทางป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น

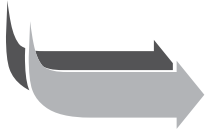
แถบรัฐแคลิฟอร์เนีย เมื่อมีมาตรการป้องกันที่ดี จะมีการลดผลกระทบจากภัยดินถล่มได้ถึงร้อยละ 90 ข้อมูลจากฮ่องกงเมื่อมีการจัดตั้ง Geotechnical Engineering Control Office (GEO) เมื่อ ค.ศ. 1977 และมีการศึกษาป้องกันดินถล่มอย่างจริงจังผลปรากฏว่าสามารถลดการเกิดและจำนวนผู้เสียชีวิตได้อย่างชัดเจนในรูปที่ 4

การศึกษาวิเคราะห์ดินถล่ม มีเป้าหมายโดยรวมเพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากดินถล่มแต่อาจแบ่ง 5 ขั้นตอนคือ

1. จัดทำประวัติการเกิดดินถล่ม สถิติ ความเสียหาย และข้อมูลจำเป็นอื่นๆ
2. ศึกษาพฤติกรรมการเกิดและดัชนีที่จะใช้ในการเตือนภัย
3. สร้างขบวนการให้ความรู้ การเตือนภัย และการอพยพหนีภัย แก่ประชาชนในพื้นที่
4. จำแนกพื้นที่เสี่ยงภัย กำหนดเขตที่อันตราย สร้างโครงสร้างป้องกัน
5. วิเคราะห์ความเสี่ยงและความเสียหายที่เป็นเกณฑ์ที่ยอมรับในอนาคต

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์และคาดการณ์ดินถล่มโดยหน่วยงานต่างๆ

Method/ Oranization	FACTORS RELATED TO LANDSLIDE															
	Rock Type	Landform (Slope)	Rainfall	Rainfall Analyses	Landuse / Land Cover	Elevation	Geology	Topographic	Regional Clim	Past Events	Watershed	Drainage	Wetness	Soil Depth	Groundwater	Engineering Soil Properties
1. Weighting Factor																
1.1 WICHAI (1995)	✓	✓	✓		✓	✓										
1.2 DLD	✓	✓	✓		✓		✓									
1.3 FRC (KU)			✓				✓	✓	✓	✓						
1.4 DMR		✓	✓			✓	✓				✓	✓	✓			
1.5 Thassanapak (2001)	✓	✓	✓		✓	✓	✓					✓				
1.6 GERD (KU)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓					✓
2. Geotechnical																
2.1 GERD (KU)		✓	✓	✓	✓		✓						✓	✓	✓	



สำหรับวิธีการในการดำเนินการดังกล่าวข้างต้นแบ่งย่อยไปอีกตามศาสตร์ในแต่ละด้าน เช่น วิธีทางธรณีพื้นฐาน วิธีดัชนีปัจจัยร่วม วิธีดัชนีความชื้นในดิน วิธีทางด้านวิศวกรรม เป็นต้น ถึงแม้ว่าแต่ละวิธีจะมีพื้นฐานแนวความคิดและทฤษฎีที่แตกต่างกันออกไปตามความถนัดและองค์ความรู้ของผู้วิจัย ดังตารางที่ 1 ที่หน่วยงานต่างๆ เลือกใช้ แต่อย่างไรก็ตามทุกวิธีก็ต่างมุ่งไปที่เป้าหมายเดียวกัน จึงพบว่าหากสามารถประสานรวมโดยนำเอาจุดเด่นของแต่ละวิธีมาประยุกต์ร่วมกันได้ก็จะเป็นประโยชน์ต่อการป้องกันปัญหาดินถล่มของประเทศต่อไปในอนาคต



วิศวกรรมเชิงลาด (slope engineering) ในการป้องกันและปรับปรุงเสถียรภาพลาดดิน

การป้องกันและลดผลกระทบจากดินถล่ม สามารถกระทำได้หลายวิธีได้แก่

4.1. การหลีกเลี่ยงที่จะอยู่อาศัยในพื้นที่ดินถล่ม หรือหลีกเลี่ยงการก่อสร้างที่กระตุ้นให้เกิดดินถล่ม เช่น การสร้างทางยกระดับแทนการตัดลาดเขา (รูปที่ 5)

2. การลดความรุนแรงเมื่อเกิดดินถล่ม เช่น การสลายพลังงานการไหลของดินถล่ม หรือการเบี่ยงการไหล เป็นต้น (รูปที่ 6)

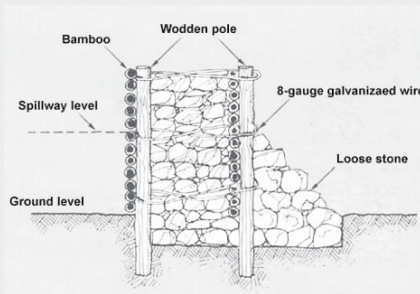
3. การรักษาสมดุลของแรงกระทำของลาดชันโดยใช้วิธีทางวิศวกรรม เช่น การเพิ่มแรงต้านการไหลหรือการลดน้ำหนักกระทำ เป็นต้น



รูปที่ 5 การสร้างทางยกระดับแทนการตัดลาดเขา

4. การสร้างสภาพสมดุลตามธรรมชาติเพื่อรักษาสมดุลของแรงกระทำเช่นการรักษาระบบนิเวศน์หน้าดินเพื่อป้องกันการกัดเซาะและลดการไหลซึมของน้ำลงสู่ดินเป็นต้น (รูปที่ 7 และ 8)

ทั้งนี้การดำเนินการควรพิจารณาทุกทางเลือกดังที่กล่าวมาหรือผสมผสานทางเลือกเข้าด้วยกัน เช่นอาจเริ่มโดยการแก้ไขทางวิศวกรรม เพื่อพิจารณาสมดุลของแรงให้เหมาะสมแล้วจึงคิดถึงการฟื้นฟูสภาพนิเวศน์ของหน้าดินหรือการไหลของน้ำได้ดินมาพิจารณา เพื่อให้เกิดผลต่อการป้องกันระบบวิศวกรรมในระยะยาว ตัวอย่างในการดำเนินการลักษณะนี้เช่นการใช้กำแพงกันดินเสริมแรงที่พิจารณาการปลูกพืชพื้นถิ่นด้านหน้าของกำแพง (รูปที่ 7) อย่างไรก็ตามในบางกรณี เช่นกรณีของลาดชันหินที่โครงสร้างหินมีเสถียรภาพที่ไม่ดี การใช้วิธีทางวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวอาจเพียงพอ



รูปที่ 6 การบรรเทาความเสียหายจากโคลนถล่ม



รูปที่ 7 การปลูกพืชเพื่อซ่อมแซมหน้าดินที่ถูกกัดเซาะในพื้นที่ชัน



รูปที่ 8 การใช้ดินเหนียวปิดทับดินโปร่งน้ำและปลูกหญ้า



รูปที่ 9 การผสมผสานวิธีทางวิศวกรรมกับการปลูกต้นไม้เพื่อรักษาสมดุลนิเวศน์

ทั้งนี้ในการพิจารณาเลือกวิธีการแก้ไขหรือป้องกันลาดชัน ควรพิจารณาเพิ่มเติมถึงความรุนแรงของผลกระทบที่อาจมีถึงมนุษย์ อายุการใช้งานที่คาดหวังและค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างซึ่งรวมถึงการบำรุงรักษาอีกด้วย

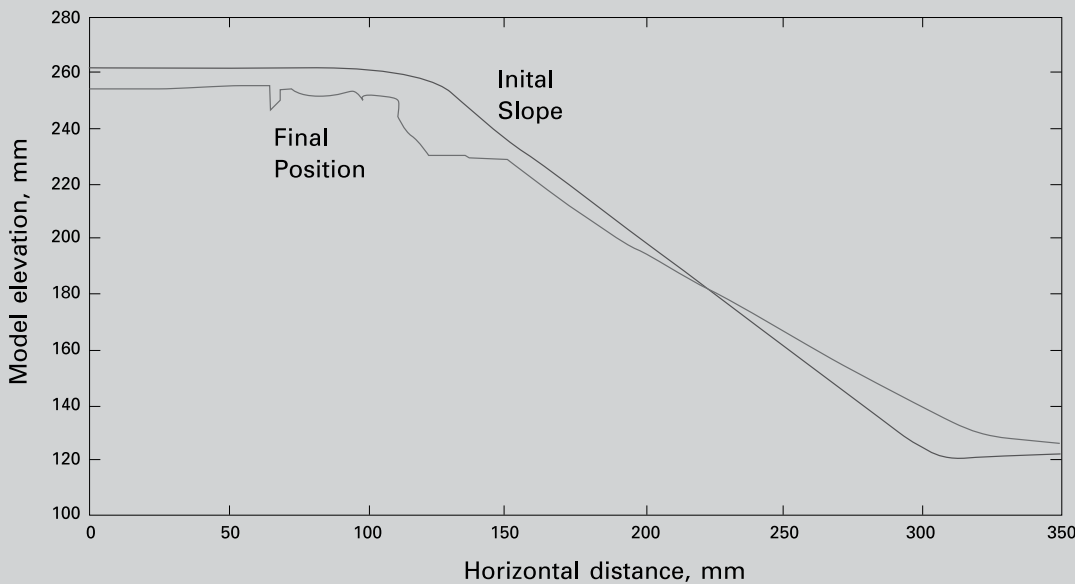


องค์ความรู้และเทคโนโลยีสำหรับวิศวกรรมเชิงลาดเมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงและบ่งก่าย

วิศวกรที่ต้องการประเมินถึงผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อเสถียรภาพของลาดดิน จะต้องพิจารณา

ปัจจัยด้านภูมิอากาศ เช่น อัตราการตกของฝน การคายระเหย ตลอดจนอุณหภูมิ ที่มีอิทธิพลต่อ แรงดันน้ำในมวลดิน และคุณสมบัติต่างๆทางวิศวกรรมของดิน เป็นต้น หรือที่เรียกว่า การศึกษาเชิงปฏิสัมพันธ์ระหว่างดินและอากาศ (Soil-Atmospheric Interaction) ด้วยเหตุผลดังกล่าว วิศวกรจึงอาจไม่สามารถนำประสบการณ์เดิมที่เคยกระทำ หรือวิธีการเชิงเอ็มพีริคัล (Empirical method) ในการออกแบบด้านวิศวกรรมเชิงลาดเพียงอย่างเดียว ในการรับมือกับลาดดินในสภาวะที่ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง และจำเป็นต้องนำความรู้เชิงวิทยาศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมบูรณาการ อาทิ ฟิสิกส์ของดิน อุทกธรณีวิทยาสำหรับดินไม่อิ่มน้ำหรือชั้น Vadose กลศาสตร์ดินไม่อิ่มน้ำ ตลอดจนความรู้ด้านวิศวกรรมเชิงนิเวศ (Eco-slope engineering/Bio-slope engineering)

เทคโนโลยีและองค์ความรู้ดังกล่าวได้รับการวิจัยและพัฒนาไปมากในระดับนานาชาติ อาทิ Take & Bolton (2004) พัฒนาระบบทดสอบแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifuge test) ซึ่งจำลองการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลได้ พบว่าอิทธิพลจากการเปียกสลับแห้งเนื่องจากฤดูกาลส่งผลต่อเสถียรภาพของลาดดินเหนียวได้มาก โดยก่อให้เกิดความเครียดพลาสติก (Plastic strain) สะสมบริเวณตีนของลาดดิน และเกิดรอยแตก Tension crack ได้บริเวณด้านบนของลาด (รูปที่ 10) ดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดการพิบัติของลาดแบบ Delay failure แม้จะไม่มีน้ำหนักรรทุกเกินพิกัดกระทำ โดยความรุนแรงจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อลาดดินเป็นดินจำพวกพลาสติกชนิดสูง หรือพวกดินเหนียวจัด (Vertisol) ซึ่งพบว่าเป็นสาเหตุที่สำคัญอันหนึ่ง



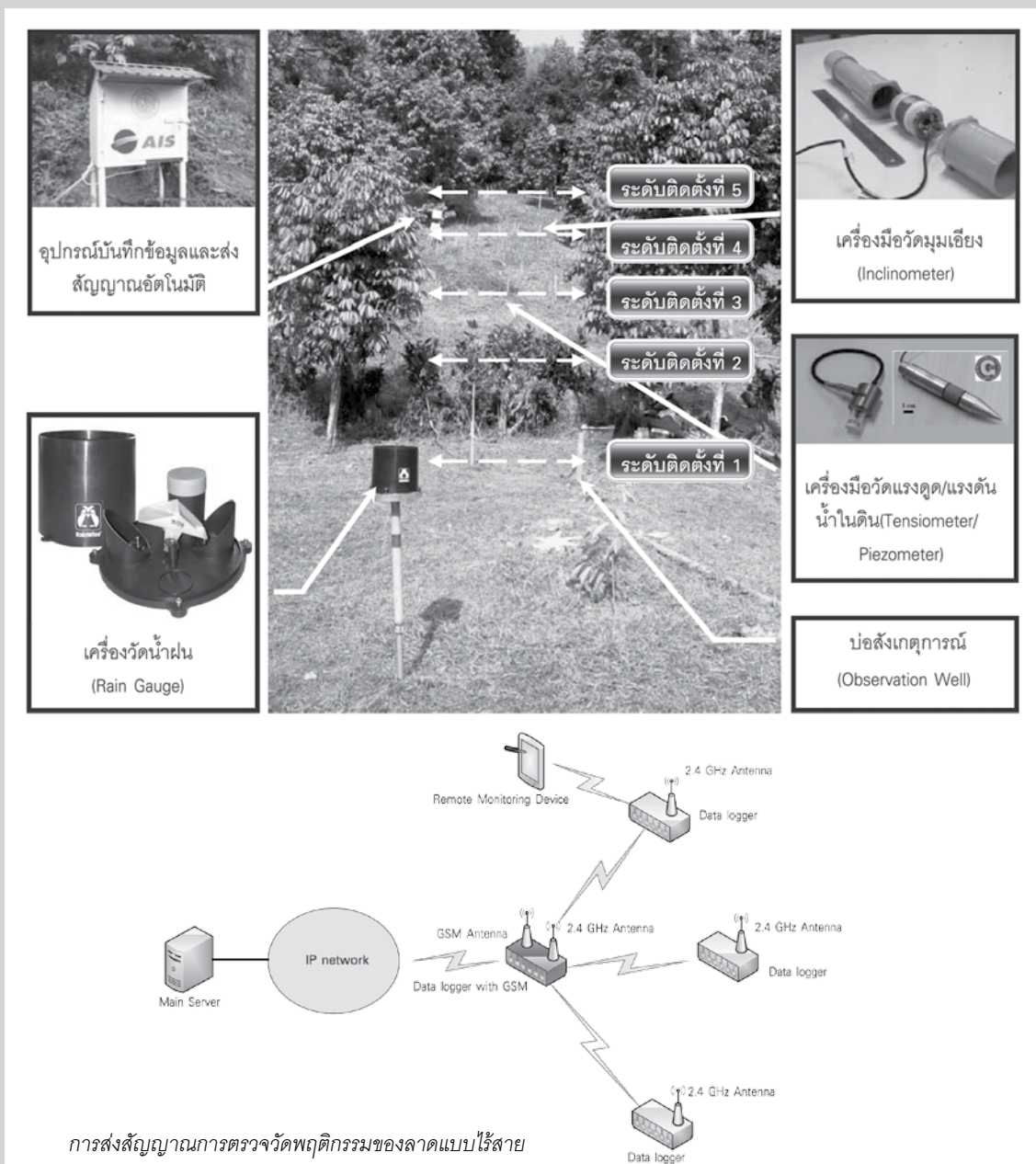
รูปที่ 10 ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงรูปของลาดดินเหนียวเมื่อผ่านฤดูกาลต่างๆ เทียบเท่าประมาณ 6 ปี ผลการจำลองโดยวิธี Centrifuge เทียบเท่าลาดดินสูงประมาณ 8 เมตร โดย Take and Bolton (2004)



ของการแตกตัวของลาดคั่นทางในภาคกลางของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีความเปลี่ยนแปลงของความชื้นดินในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่ามากขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

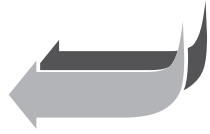
การศึกษาทางด้านกลศาสตร์ของดินไม่อื่มน้ำทั้งการจำลองเชิงคณิตศาสตร์และการตรวจวัดพฤติกรรมลาดดินในสนาม

โดยเฉพาะแรงดันน้ำดินทั้งด้านบวกและลบ (รูปที่ 11) จะสามารถช่วยให้วิศวกรทราบถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดิน กำลังเฉือน และเสถียรภาพของลาดดินได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น อาทิ อภินิติ และอัคคัพฒน์ (2551) และ Jotisankasa et al (2009) พบว่า เมื่อปริมาณน้ำฝนมีความเข้มข้นรุนแรงมากขึ้น แรงดันน้ำในลาดดินจำพวกทรายแป้ง



การส่งสัญญาณการตรวจวัดพฤติกรรมของลาดแบบไร้สาย

รูปที่ 11 ระบบตรวจวัดพฤติกรรมของลาดดินต้นแบบ พัฒนาโดย ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



AP-UNSAT 2011
14-16 November 2011
Pattaya, Thailand

AP-UNSAT 2011
5th Asia-Pacific Conference on Unsaturated Soils
14-16 November 2011
Pattaya, Thailand

Location:
The conference will be held in Pattaya, one of Asia's largest beach resorts and the most visited city in Thailand after Bangkok. Once a fishing town, Pattaya first boomed as an R&A destination during the Vietnam War and developed into a family orientated seaside destination.
Many attractions are within the vicinity of the conference venue, including golf courses, theme parks, Elephant Village, Tiffany's Show, etc. Pattaya is only about 1 1/2 hours, or 120 km by road from Suvarnabhumi Airport, the Bangkok international hub. Shuttle buses will be provided for delegates.
*Some details from Wikipedia and www.pattaya.go.th

Important dates

First Conference Bulletin	Jan. 2010
Abstract due	Oct 31, 2010
Abstract acceptance	Nov 30, 2010
Oral paper due	Jan 31, 2011
Paper review & acceptance	April 30, 2011
Final paper due	May 21, 2011

Conference website
<http://unsat.eng.ku.ac.th>
E-mail : unsat@ku.ac.th

Contact details
Organizing Committee of 5th Asia-Pacific Conference on Unsaturated Soils
Geotechnical Engineering Research and Development Center (GERD)
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasattart University,
Phanphanee rd., Lamphong, Chantavan, Bangkok, Thailand 10960.
Tel. Fax : 66-2379-2202

Organized by
Geotechnical Engineering Research and Development Center (GERD), Department of Civil Engineering, Kasattart University,
Thai Geotechnical Society and Engineering Institute of Thailand

รูปที่ 12 การจัดประชุมทางวิชาการ
ด้านดินไม่อิ่มนํ้าระดับเอเชียแปซิฟิก
(5th Asia-Pacific Conference on
Unsaturated Soils) ซึ่งจะมีขึ้นในช่วง
วันที่ 14-16 พฤศจิกายน 2554
(www.unsat.eng.ku.ac.th)

และราชการในประเทศดังกล่าว
รวมไปถึงการประยุกต์ฐานข้อมูล
GEOS (Global Earth Observation
System of Systems) ซึ่งรวบรวม
ข้อมูลด้าน Earth science จาก
ทั่วโลก และเริ่มมีการนำมา
ประยุกต์ในงานวิศวกรรมปฐพี
โดยเฉพาะด้านภัยพิบัติ

สามารถเพิ่มขึ้นจากค่าติดลบจนมีค่าบวก หรือระดับน้ำใต้ดินเพิ่ม
ขึ้นได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลานั้น การระบายน้ำจากมวลดิน
ในลาดเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดิน
ได้อย่างดี และ การเลือกใช้วัสดุคลุมหน้าดินของลาดที่เหมาะสม
ก็จะสามารถควบคุมความชื้นหรือแรงดันน้ำในลาดให้มีความ
เหมาะสม ไม่แห้งไปและไม่เปียกไป เนื่องจากกำลังเฉือนของมวล
ดินสามารถมีค่าลดลงได้มากเมื่อโครงสร้างและการเชื่อมประสาน
ของดินถูกทำลายจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินตามฤดูกาลที่
มีความรุนแรงมากขึ้น วัสดุคลุมหน้าดินจึงเปรียบดั่งเป็นฉนวน
ป้องกันความรุนแรงของสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่าง
รวดเร็ว

ความร่วมมือระหว่างบุคลากรต่างสาขาความเชี่ยวชาญ
และระหว่างบุคคลกรระหว่างประเทศ จึงนับว่ามีความสำคัญ
อย่างมากในการประเมินและป้องกันเสถียรภาพของลาดเมื่อภูมิ
อากาศของโลกเปลี่ยนแปลง อาทิเช่น คณะกรรมการ Climate
Impact Forecasting for Slopes (CLIFFS) และคณะวิจัย กลุ่ม
Biological and Engineering Impacts of Climate change on
Slopes (BIONICS) ในประเทศสหราชอาณาจักรและหลายประเทศ
ในยุโรป ซึ่งเป็นความร่วมมือทั้งภาคอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย

สำหรับประเทศไทย อนุกรรมการวิศวกรรม
ปฐพี วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ได้แต่งตั้ง
คณะทำงานดินไม่อิ่มนํ้า (Unsaturated soils) โดย
ร่วมมือกับศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและ
ฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ในการจัดประชุมทางวิชาการด้านดิน
ไม่อิ่มนํ้าระดับเอเชียแปซิฟิก (5th Asia-Pacific
Conference on Unsaturated Soils) ซึ่งจะได้มีผู้
เชี่ยวชาญจากทั่วโลกมาร่วมประชุมที่ เมืองพัทยา
ในช่วงวันที่ 14-16 พฤศจิกายน 2554 (รูปที่ 12)
และมีการหารือเกี่ยวกับเรื่องอิทธิพลจากการ
เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อเสถียรภาพของลาดดิน
ในการประชุมด้วย จึงนับว่าเป็นโอกาสอันมีค่า
ที่วิศวกรไทยจะได้ร่วมเรียนรู้และแลกเปลี่ยน
ตลอดจนนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางวิศวกรรมปฐพี
ของประเทศไทยอย่างเหมาะสม

