

การอบรม การศึกษาด้านวิศวกรรมดินถล่ม โดยสภาวิศวกรและวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระ บรมราชูปถัมภ์

พฤติกรรมของดินประเภท Colluviums และ Talus

(เอกสารฉบับนี้ นำมาจากส่วนหนึ่งของร่างคู่มือการแปลผลคุณสมบัติของดินและหินที่ใช้ในการออกแบบทาง
วิศวกรรมงานทาง กรมทางหลวง)

โดย ดร. อภินิติ โชติสังกัส

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1 ลักษณะของดินประเภท Colluviums และ Talus

โดยทั่วไปแล้ว Colluviums (ดินเชิงเขา) และ Talus (ลานหินเชิงเขา) จะมีลักษณะหลวมหรือมีช่องว่างในดินเยอะ โดยจะพบสะสมอยู่มากบริเวณตีนเขาหรือหุบเขา หรือที่ราบอื่นๆ ดินเชิงเขาเหล่านี้เกิดขึ้นจากกระบวนการทางธรรมชาติ 2 กระบวนการด้วยกันคือ (1) การผุพังในที่ของหินต้นกำเนิด, (2) การเคลื่อนที่ลงตามลาดเขาด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกหรือกระบวนการ Creep Colluviums มักจะประกอบไปด้วยเศษหินปะปนอยู่กับดินเหนียวและดินทราย โดยดินทรายปนดินเหนียวเหล่านี้มักจะมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ (Heterogenous) สำหรับลาดหินเชิงเขา หรือ Talus จะมีต้นกำเนิดเช่นเดียวกับ Colluviums แต่จะต่างกันที่ Talus จะเป็นวัสดุเม็ดหยาบใหญ่ โดยเกิดจากการผุพังเชิงกลของหินเป็นหลัก โดยทั่วไป ลาดหินเชิงเขา Talus จะประกอบไปด้วยหินเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 200 mm จนถึงอนุภาคเม็ดทรายและ Silt นอกจากนั้นยังพบว่า Colluviums มักปรากฏในภูมิประเทศเขตอบอุ่นและชื้น ในขณะที่ Talus มักจะพบในพื้นที่แห้งแล้ง โดยลักษณะเฉพาะต่างๆของทั้ง Colluviums และ Talus จะได้รับอิทธิพลจากหินต้นกำเนิดและสภาพภูมิอากาศซึ่งเอื้อต่อกระบวนการผุพังและกระบวนการเคลื่อนย้ายอย่างมาก

การสะสมตัวของ Colluviums และ Talus บริเวณเชิงลาดมักก่อให้เกิดปัญหาเสถียรภาพของลาดดิน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับงานตัดลาดเขาในการก่อสร้างเส้นทางขนส่งในหุบเขาซึ่งมีวัสดุจำพวกนี้อยู่มาก ในหลายๆกรณีงานตัดลาดเขาจะเป็นการเปิดวัสดุพวกนี้ออก ลดแรงต้านทานด้านข้าง และเนื่องจากวัสดุจำพวกนี้มีต้นกำเนิดจากการเลื่อนไถลลงมาจากลาดเขา จึงอยู่ในสภาวะที่เกือบจะไม่มั่นคงอยู่แล้ว แม้เมื่อยังอยู่ในสภาพธรรมชาติก่อนการตัดถนน (Marginally Stable) การตัดลาดดินในวัสดุเชิงเขา Colluviums เหล่านี้จึงเป็นการรบกวนสมดุลตามธรรมชาติกระตุ้นให้เกิดการพังทลาย

2 การเจาะสำรวจและทดสอบ Colluviums

เทคนิคมาตรฐานทั่วไปซึ่งใช้ในการเจาะสำรวจและทดสอบดินสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวัสดุเชิงผา Colluviums ได้เช่นกันถ้าวัสดุเหล่านี้มีพวกอนุภาคเม็ดละเอียดเป็นส่วนประกอบหลัก ความหนาของดินเชิงผาอาจมากถึง 5 เมตรในบางกรณี หรืออาจหนาน้อยกว่า 1 เมตรได้เช่นกัน นอกจากนั้น บางกรณี Colluviums จะปรากฏเป็นชั้นบางๆ ในชั้นดินและมีการผุพังสูง จึงเป็นการง่ายที่จะเจาะสำรวจผ่านดิน Colluviums โดยไม่ทราบว่าวัสดุจำพวกนี้อยู่ด้วย สำหรับกรณีที่ Colluviums มีวัสดุพวกเศษหินขนาดใหญ่ปะปนอยู่มากจะทำให้การเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างทำได้ยากและราคาแพง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ลาดชันและเข้าถึงได้ยาก

จากเหตุผลดังกล่าว วิธีการสำรวจโดยเปิดบ่อสำรวจ (Test Pits และ Trench) (ดังแสดงในรูปที่ 7.19) จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับ Colluviums ซึ่งทำให้สามารถสังเกตลักษณะโครงสร้างของดินในที่ภายในบ่อได้โดยง่าย สำหรับการขุดบ่อสำรวจอาจใช้เครื่องจักรหนัก เช่น Backhoe หรือ อาจใช้แรงงานคนในกรณีของพื้นที่ลาดชันซึ่งไม่สามารถนำเครื่องมือหนักขึ้นไปได้ การเก็บตัวอย่างจากบ่อสำรวจอาจใช้วิธีตัวอย่างบล็อก (Block Sample) ซึ่งจะได้ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนน้อยที่สุด โดยอาจตัดตัวอย่างออกจากด้านข้างของบ่อสำรวจได้เลย และสำหรับกรณีที่วัสดุเชิงผาไม่มีเศษหินปะปนอยู่มาก อาจใช้กระบอกเปลือกบาง (ตอกหรือกดด้วยอัตราคงที่) เก็บตัวอย่างจากด้านข้างของหลุมหรือก้นหลุม (ดังแสดงในรูปที่ 7.19) นอกจากนั้นการขุดบ่อสำรวจยังจะช่วยประเมินความลึกถึงชั้นหินแข็งและสภาพของน้ำใต้ดินภายใน Colluviums ได้

การประเมินประสิทธิภาพทางวิศวกรรมในสนามของดิน Colluviums สามารถทำได้โดยติดตั้ง Inclinator และ Piezometer โดยจะใช้ Inclinator ในการประเมินอัตราการเคลื่อนตัว การคืบและเสถียรภาพของลาดดินได้ สำหรับ Piezometer จะใช้ในการวัดแรงดันน้ำที่ความลึกต่างๆกัน โดยเฉพาะที่บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นดินและหิน (รูปที่ 7.20) ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญที่บอกถึงสภาพน้ำใต้ดินใน Colluviums ในช่วงที่ฝนตกหนัก บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นดินและหินนี้มักจะเป็นบริเวณที่น้ำไหลซึมผ่านไม่ได้ (เป็น Aquitard) ทำให้น้ำสะสมเพิ่มมากขึ้นและแรงดันเพิ่มมากขึ้น จนส่งผลให้หินดินถล่มที่ผุสลายง่าย เช่น Shale (หินดินดาน) และ Mudstone (หินโคลน) เกิดการเสื่อมสภาพและกำลังลดลงหรือบริเวณ Aquitard อาจส่งผลให้เกิดการไหลซึมด้านข้าง ทั้งหมดนี้ส่งผลให้เสถียรภาพของลาดใน Colluviums ลดลง อภินิติและวิญญพงศ์ (2551) ได้พัฒนาระบบตรวจวัดพฤติกรรมของลาดดินในลักษณะดังกล่าวขึ้น โดยประกอบไปด้วย Piezometer/Tensiometer เพื่อวัดแรงดันน้ำทั้งค่าบวกและลบ และ Inclinator ซึ่งประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ระดับจุลภาค (MEMs Technology) รูปที่ 7.21 และ รูปที่ 7.22 แสดงตัวอย่างผลการตรวจวัดที่ลาดดินด้านบน Slope (มุมเอียง ~ 24 องศา) ของถนนขึ้นเขื่อนขุนด่านปราการชล จ.นครนายก เป็นดิน Colluviums ซึ่งมีหินภูเขาไฟเป็นต้นกำเนิด เห็นได้ชัดว่าในช่วงฤดูแล้งแรงดันน้ำในดินจะมีค่าติดลบ เนื่องจากดินในสภาวะไม่อิ่มน้ำจะมีแรงดึงดูด

ระหว่างช่องว่างดิน และในช่วงฤดูฝนแรงดันน้ำในดินจะมีค่าสูงขึ้นจนเป็นบวมทำให้ดินอ่อนตัวและเกิดการเคลื่อนตัวได้ดังแสดงด้วยผลตรวจวัดจาก Inclinometer

3 การเจาะสำรวจและทดสอบ Talus

การเจาะสำรวจ Talus (ลานหินเชิงผา) นับว่ามีความยากลำบากมากเนื่องจากขนาดของอนุภาคดินและหินที่มีตั้งแต่ Silt - Size จนถึงหิน Boulder (เส้นผ่าศูนย์กลาง > 200 mm) และแม้ว่าอาจจะเก็บตัวอย่าง Talus มาได้เฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อดิน เนื้อหินที่ได้มานั้นก็ยังไม่จำเป็นว่าเป็นตัวแทนของ Talus ทั้งหมด ด้วยเหตุดังกล่าววิธีการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างสำหรับดินทั่วไปจึงอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับพฤติกรรมโดยรวมของ Talus เช่นเดียวกันในการทดสอบโดยวิธีตอกหยั่ง อาทิ SPT จึงมักจะไม่เป็นประโยชน์มากนัก เนื่องจากหัวเจาะมักจะพบกับหินก้อนใหญ่ทำให้ไม่สามารถตอกลงไปเบื้องล่างได้

การประเมินพื้นที่ซึ่งมี Talus อยู่สามารถทำได้โดยการใช้ภาพถ่ายทางอากาศและการสำรวจในสนามเบื้องต้น แต่ส่วนการสำรวจใต้พื้นดินลงไป วิธีทางธรณีฟิสิกส์ (Geophysical Method) แบบ Non-Invasive นับว่ามีความเหมาะสมที่สุด ในแทบทุกกรณี ฐานรากบน Talus จะต้องถ่ายน้ำหนักลงไปที่ยึดหินแข็งเบื้องล่าง Talus ให้ได้ ดังนั้นวิธีทางธรณีฟิสิกส์จึงเป็นประโยชน์มากเนื่องจากสามารถสำรวจความลึกถึงชั้นหินแข็งเป็นระยะทางมากๆได้

4 การยุบอัดตัวได้ของ Colluviums และ Talus

ความยุบอัดตัวได้ (Compressibility) สำหรับ Colluviums สามารถประเมินได้โดยเครื่องมือ Oedometer มาตรฐานสำหรับทดสอบ Consolidation โดยทดสอบกับตัวอย่างดินคงสภาพนอกจากนั้นวิศวกรยังอาจใช้ทฤษฎีอัสติกและวิธีทางธรณีฟิสิกส์ในการประเมินค่า Shear Wave Velocity ที่ความเครียดน้อยๆ (Small Strain) สำหรับคำนวณการทรุดตัวของดินชนิดนี้ได้อีกด้วย

การทำนายการทรุดตัวสำหรับมวลหินเชิงผา Talus นับว่ามีความยากลำบากเนื่องจากขนาดของอนุภาคและความแปรปรวนของ Talus ดังได้กล่าวมาแล้ว โดยทั่วไปมักพบการทรุดตัวใน Talus เนื่องจากโครงสร้างของดินและหินที่หลวมซึ่งมีช่องว่างขนาดใหญ่ ระหว่างการเทคอนกรีตหรือ Grout ในวัสดุพวกนี้จึงอาจประสบปัญหาได้และค่าแรงเสียดทานที่ผิวของหลุมเจาะและสมอยึด Anchor จึงอาจน้อยกว่าค่าที่ได้ออกแบบไว้ เนื่องด้วยเหตุนี้การออกแบบฐานรากจึงไม่ควรจะให้ถ่ายน้ำหนักลงบนวัสดุพวก Talus แต่ควรจะถ่ายลงชั้นหินเบื้องล่างจะดีกว่า

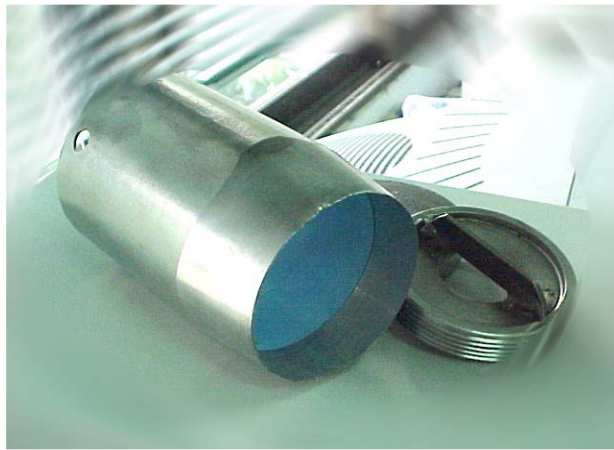
5 กำลังรับแรงเฉือนของ Colluvium และ Talus

การทดสอบมาตรฐานสำหรับกำลังรับแรงเฉือนของดินสามารถนำมาใช้กับตัวอย่างคงสภาพของดินเชิงเขาได้ แต่ในบางกรณี ดิน Colluviums ด้านบนอาจจะมีความแข็งแรงมากกว่าวัสดุ Colluviums ที่บริเวณรอยต่อระหว่างดินและหินซึ่งมีความอ่อนแอกว่าและเป็นบริเวณที่มักมีแนวโน้มเป็นผิวการเคลื่อนพังของลาด ดังได้กล่าวไว้แล้ว ดินบริเวณรอยต่อกับหินนี้มักจะเป็นบริเวณที่น้ำใต้ดินมาเอ่อสูงและเกิดแรงดันน้ำด้านบวจนวัสดุอ่อนตัวได้

การทดสอบโดย Direct Shear Test มักเป็นที่นิยมในการทดสอบหาลำดับรับแรงเฉือนของวัสดุที่ผิวรอยต่อระหว่างดินและหิน โดยจะทดสอบกับวัสดุที่ถูก Remoulded หรือบดอัดขึ้นใหม่ในห้องปฏิบัติการที่ความชื้นเท่ากับในสนาม ในระหว่างการทดสอบควรจะต้องทดสอบจนถึงสภาวะสุดท้ายที่ดินมีการเคลื่อนตัวมาก (Residual Shear Strength) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อลาดดินเคยเกิดการเคลื่อนตัวหรือการคืบ ในเบื้องต้นอาจใช้แนวทางในรูปที่ 5.10 และ 5.11 ในการประเมินค่ามุมแรงเฉือนสำหรับสภาวะการเคลื่อนตัวมากและระบายน้ำ (Drained Residual Friction Angle)

อนึ่ง วิธีที่น่าเชื่อถือที่สุดสำหรับประเมินกำลังรับแรงเฉือนของวัสดุเชิงเขาและมวลหินเชิงผาคือการวิเคราะห์ย้อนกลับ (Back Analysis) ลาดดินที่ได้พังทลายมาแล้วหรือลาดดินที่กำลังเคลื่อนตัว ซึ่งอยู่ในบริเวณเดียวกับพื้นที่โครงการ การวิเคราะห์ย้อนกลับเป็นการกำหนดให้ค่าอัตราส่วนปลอดภัย (FS) เท่ากับ 1 แล้วคำนวณย้อนหาค่า c' และ ϕ' จากลักษณะความลึกของลาด ความชัน และแรงดันน้ำในลาด ขณะที่เกิดการเคลื่อนพัง ความถูกต้องของค่า c' และ ϕ' จากการวิเคราะห์นี้จะขึ้นกับความถูกต้องของการประมาณค่าความลึกของผิวการเคลื่อนพัง (Slip Surface) และแรงดันน้ำ ดังนั้นจึงควรมีการเจาะสำรวจหรือใช้วิธีทางธรณีฟิสิกส์เพื่อหาพื้นผิวการเคลื่อนพังดังกล่าว

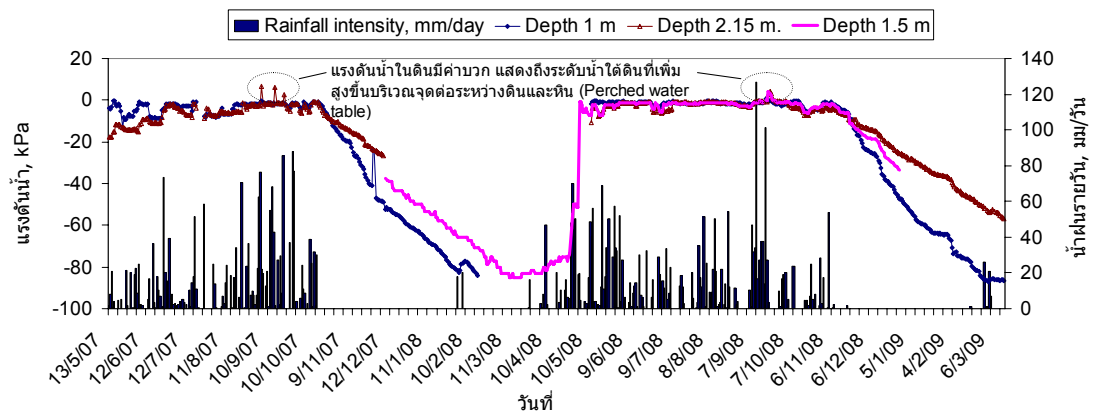




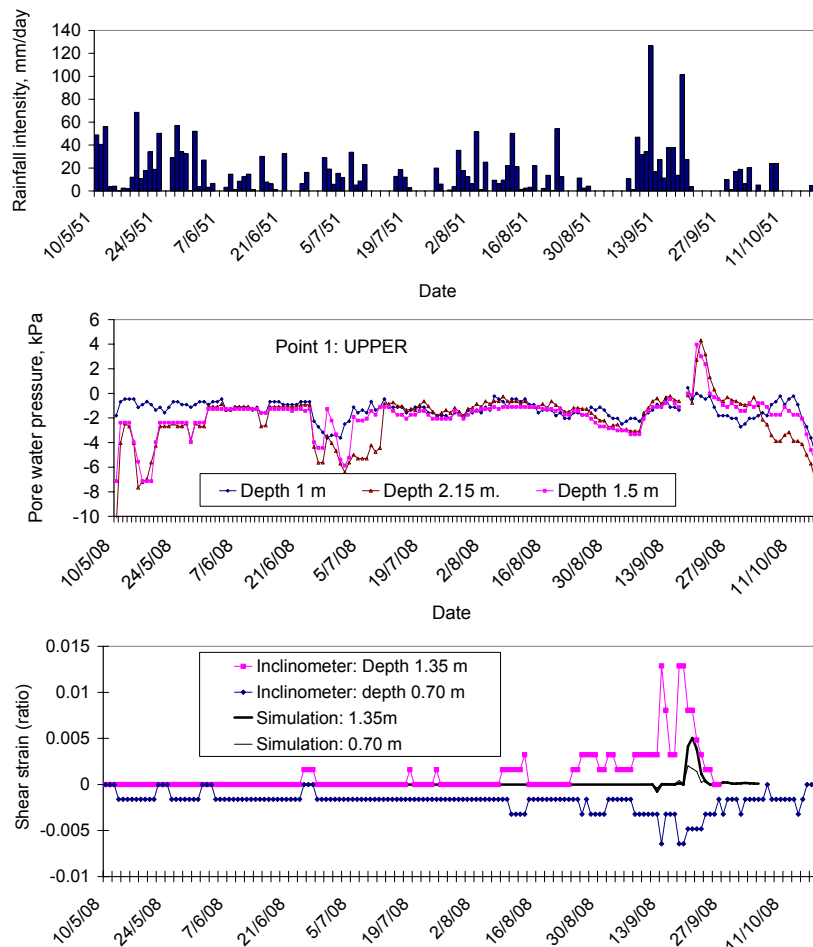
รูปที่ 7.19 ตัวอย่างบ่อสำรวจ Test Pit ในดินเชิงพา Colluviums และ Residual Soils และ การเก็บตัวอย่าง โดยกระบอกเปลือกบางชนิด KU-Miniature Sampler ในบ่อสำรวจ (วรากรและคณะ, 2550)



รูปที่ 7.20 รอยต่อระหว่างชั้นหินและ Colluviums เป็นบริเวณที่มักเกิดแนวการเคลื่อนพังของลาดดิน เนื่องจากแรงดันน้ำใต้ดินมักมีค่าสูง ภาพจากพื้นที่น้ำท่วมดินถล่ม ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์



รูปที่ 7.21 แสดงลักษณะของแรงดันน้ำใต้ดินในลาดดิน Colluviums ซึ่งมีหินภูเขาไฟเป็นต้นกำเนิด บริเวณทางขึ้นเขื่อนขุนด่านปราการชล จ.นครนายก (อภินิติ และวิญญพงศ์, 2551; และ Jotisankasa et al., 2009)



รูปที่ 7.22 การเคลื่อนตัวของลาดดิน Colluviums ซึ่งเกิดขึ้นจากแรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากฝนตกหนัก (Jotisankasa et al., 2009)

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรน้ำ (2551). “รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการกำหนดค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (Antecedent Precipitation Index: API) เพื่อสนับสนุนการเตือนภัยล่วงหน้าทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมฉับพลัน-แผ่นดินถล่ม”
- อธิบดี โสติสangkasa (2551). “รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษาพฤติกรรมทางกลศาสตร์ของดินไม่อุ้มน้ำ ในประเทศไทย”, กันยายน พ.ศ. 2551, สัญญาเลขที่ MRG4980086 สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
- อธิบดี โสติสangkasa และ วิชญพงศ์ พอลิตะ (2551). “การพัฒนาระบบตรวจวัดพฤติกรรมดินถล่ม” การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน, จัดโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 28-29 มกราคม 2551, จำนวน 6 หน้า
- อธิบดี โสติสangkasa และ วิชญพงศ์ พอลิตะ (2551) “การพัฒนาเครื่องมือวัดศักยภาพดิน” การประชุมวิชาการครั้งที่ 46 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, จัดโดย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บางเขน, 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551, จำนวน 8 หน้า
- อธิบดี โสติสangkasa และ อัครพัฒน์ สว่างสุริย์ (2551). “การประยุกต์ใช้ความรู้ทางกลศาสตร์ของดินไม่อุ้มน้ำสำหรับงานเสถียรภาพของลาดดิน” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13, จัดโดย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม ร่วมกับวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 14-16 พฤษภาคม 2551, พัทยา, จำนวน 6 หน้า
- อธิบดี โสติสangkasa และ สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์, 2551, การตรวจวัดพฤติกรรมดินเคลื่อนตัวของลาดบริเวณโครงการพัฒนาคอยดุง, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13, จัดโดย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีปทุม ร่วมกับวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 14-16 พฤษภาคม 2551, พัทยาจำนวน 6 หน้า
- Jotisankasa, A., Sawangsuriya, A & Sukolrat, J. (2008). “Innovative testing methods for unsaturated soil slopes”, The 3rd Seminar on Highway Engineering, Organized by Department of Highways, 5-6 June, 2008, Bangkok, Thailand, pp 475-489
- Jotisankasa, A. and Vathananukij, H. & Coop, M. (2009). “Soil-water retention curves of some silty soils and their relations to fabrics.” Proc. 4th Asia-Pacific Conference on Unsaturated Soils, 23-25 November 2009, Newcastle, Australia

Jotisankasa, A , Mairaing, W, Takahashi, A, Takeyama, T (2009). BEHAVIOUR OF A SOIL SLOPE SUBJECTED TO HEAVY RAINFALL IN THAILAND: MONITORING AND WARNING SYSTEM FOR LANDSLIDES. The 3rd JSPS-DOST International Symposium on Environmental Engineering (Symposium on Harmonizing Infrastructure Development with the Environment). Organized by University of the Philippines Diliman, Tokyo Institute of Technology and Kasetsart University. 9-10 March 2009 the Philippines.