

การศึกษาพฤติกรรมการวิบัติของคันดินโดยแบบจำลองทางกายภาพกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์**A study of earthen dike failure behavior by using physical and numerical modeling**ณัฐพงษ์ เภาวัลย์^{1*}, พิไลวรรณ ศรีสงคราม¹ และ สนิท วงษา²¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail : cte15_nik@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในแต่ละปีประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำ จากอิทธิพลการพัดผ่านของพายุโซนร้อนทำให้เกิดฝนตกหนักเป็นเวลานาน ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำป่าไหลหลาก น้ำล้นตลิ่ง รวมถึงคันดินที่ทำหน้าที่กั้นน้ำได้เกิดการพังทลาย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการวิบัติของคันดินโดยการจำลองทางกายภาพและการประยุกต์ใช้โปรแกรมทางชลศาสตร์ iRIC-Nay2D โดยวิเคราะห์การไหลแบบ 2 มิติ โดยขั้นตอนการศึกษาจะประกอบไปด้วยสองส่วน คือ การจำลองทางกายภาพคันดิน ซึ่งจะพิจารณาการไหลของน้ำเป็นแบบราบเรียบเท่านั้น และดินที่นำมาทดสอบเป็นดินประเภท SW-SC หรือ ดินเหนียวปนตะกอนทราย ส่วนการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ iRIC ได้นำข้อมูลรูปตัดขวาง อัตราการไหลและข้อมูลคุณสมบัติของดินของแบบจำลองทางกายภาพคันดินป้อนเข้าในโปรแกรมโดยเลือกวิเคราะห์การไหลแบบ 2 มิติ หรือ Nay2D ซึ่งใช้กริดทั้งหมด 2,272 กริด (ขนาดกริด 0.2 cm x 0.2 cm, x = 5.20 m, y = 20 cm) จากการจำลองทางกายภาพคันดิน พบว่าเมื่อน้ำไหลล้นสันคันดิน ทำให้เกิดแรงเฉือนพัดพาบริเวณสันคันดิน และเกิดการกัดเซาะบริเวณสันคันดินด้านหลัง โดยเกิดช่องแตกขนาดเล็กและขยายใหญ่ขึ้น เมื่อกระแสน้ำไหลผ่านเป็นระยะเวลาาน ได้กัดเซาะและพัดพาหน้าดินออกไป จนทำให้บริเวณลาดเอียงของคันดินเกิดการทรุดตัวลง เมื่อเปรียบเทียบกับ การประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลอง iRIC-Nay2D พบว่า ลักษณะการพังของคันดินมีลักษณะเช่นเดียวกับการจำลองทางกายภาพ โดยมีขนาดความกว้างของช่องขาดที่ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมทางชลศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม Nays2D จึงเป็นประโยชน์ในการทำนายพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของน้ำ และยังใช้เป็นแนวทางป้องกันน้ำท่วมซึ่งเกิดจากการพังทลายของคันดินได้อีกด้วย

คำสำคัญ : อุทกภัย, การวิบัติของคันดิน, การจำลองทางกายภาพ, iRIC-Nays2D

บทนำ

น้ำท่วมเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เนื่องจากฝนที่ตกในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำมีปริมาณมากและตกติดต่อกันเป็นเวลานาน จนเกิดน้ำไหลบ่าเหนือผิวดินลงสู่ร่องน้ำลำธาร และในแม่น้ำมีปริมาณมากกว่าปกติ ซึ่งในขณะที่น้ำจำนวนมากไหลไปตามร่องน้ำ ลำธาร และแม่น้ำนั้น หากลำน้ำตอนใดไม่สามารถรับปริมาณน้ำทั้งหมดให้ไหลอยู่เฉพาะในตัวลำน้ำได้ก็จะทำให้น้ำมีระดับสูงขึ้นสูงกว่าตลิ่ง แล้วไหลล้นฝั่งบ่าไปท่วมพื้นที่สองฝั่งลำน้ำหรืออาจไหลไปท่วมขัง ตามที่ลุ่มน้ำไหลออกไปเป็นบริเวณกว้างในกรณีเมื่อเกิดน้ำท่วมใหญ่ในเขตชุมชน หรือท่วมพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร อาจทำให้ทรัพย์สินและพืชผลจำนวนมากของประชาชน ตลอดจนส่งก่อสร้างต่างๆ ได้รับความเสียหาย เรียกว่า "อุทกภัย"

สำหรับปัญหาน้ำท่วมในประเทศไทยไม่ใช่เพิ่งเกิดขึ้น แต่โดยแท้จริงแล้วเกิดขึ้นหลายครั้งหลายหน ซึ่งครั้งล่าสุดเมื่อ พ.ศ. 2554 ที่ถูกขนานนามว่าเป็นอุทกภัยครั้งร้ายแรงที่สุดในแง่ของปริมาณน้ำและจำนวนผู้ได้รับผลกระทบ โดยได้รับอิทธิพลการพัดผ่านของพายุโซนร้อน ทำให้เกิดฝนตกหนักเป็นเวลานาน ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำป่าไหลหลาก น้ำล้นตลิ่ง รวมถึงคันดินที่ทำหน้าที่กั้นน้ำ ได้เกิดการพังทลายเนื่องจากไม่สามารถต้านทานการพัดพาและการไหลของน้ำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณพื้นที่ลุ่มตอนกลาง ตอนล่างของลุ่มน้ำเจ้าพระยา คันดินไม่สามารถต้านทานการพัดพาและการไหลของน้ำได้ ดังแสดงในรูปที่ 1(ก) โดยลักษณะการพังของคันดินในช่วงน้ำหลาก ส่วนใหญ่จะเกิดการพังที่บริเวณด้านบนของสันคันดินก่อน หลังจากนั้นขนาดของช่องว่างหรือทางเดินของน้ำจะมีขนาดขยายตัวขึ้นตามปริมาณการไหลของน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยความลึกของช่องทางเดินของน้ำดังกล่าวจะพัฒนาจนคันดินพังในที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 1(ข) ส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างหนักทั้งทางภาค การเกษตร อุตสาหกรรม เศรษฐกิจ สังคม และส่งผลกระทบต่อไปยังภาคส่วนอื่นอีกเป็นจำนวนมาก



(ก) คันดินกั้นแม่น้ำยม จ.สุโขทัย
(ที่มา : <http://www.springnewstv.tv/>)



(ข) คันดินชลประทาน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี
(ที่มา : <http://www.khaosod.co.th/>)

รูปที่ 1 แสดงลักษณะการพังทลายของคันดินช่วงน้ำหลาก

การศึกษาพฤติกรรมการวิบัติของคันดินในช่วงน้ำหลากจึงจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อกำหนดแนวทางการป้องกันการพังทลายของคันดิน โดยการการศึกษาพฤติกรรมการวิบัติของคันดินแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบจำลอง

ทางกายภาพ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบบจำลองทางกายภาพ เป็นการย่อขนาดจากขนาดจริงของคันดิน ให้มีขนาดเล็กลงตามกฎการย่อส่วน (Physical Modeling) เพื่อแสดงถึงพฤติกรรมที่คล้ายคลึงกับคันดินแบบจริง ส่วนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีชื่อว่า iRIC-Nays2D ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลในลำน้ำ และการเปลี่ยนแปลงของท้องน้ำแบบ 2 มิติ โดยทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการพังทลายของคันดินกรณีที่น่าสั่นสั่น คันดินเทียบกับพฤติกรรมการพังทลายของคันดินจากการทดสอบแบบจำลองซึ่งผลจากการวิเคราะห์จะเป็นแนวทาง ในการป้องกันและแก้ไขเหตุการณ์น้ำท่วมที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้

แบบจำลองทางกายภาพ [6]

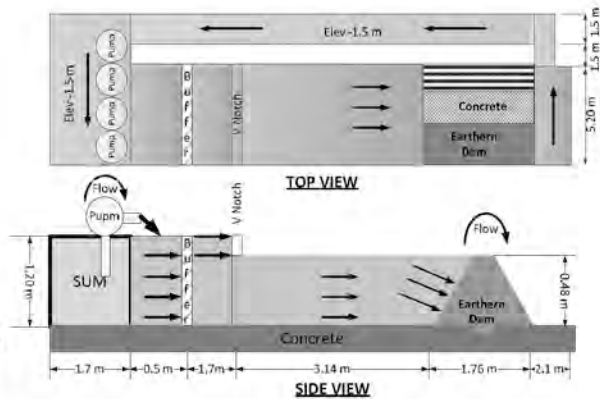
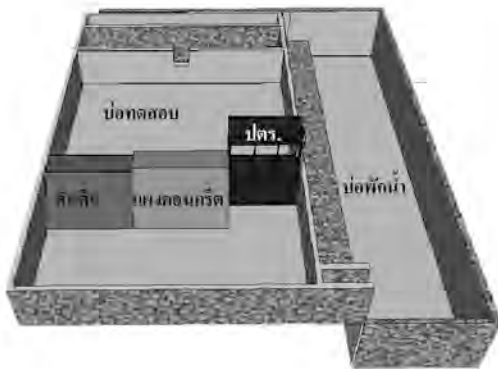
โรงปฏิบัติการแบบจำลองทางกายภาพ ตั้งอยู่ที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เลขที่ 126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140



รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดที่ตั้งและรูปแบบของโรงปฏิบัติการแบบจำลองทางกายภาพ



รูปที่ 3 แบบแสดงรายละเอียดโรงปฏิบัติการแบบจำลองทางกายภาพ



รูปที่ 4 แสดงรูปสามมิติของแปลงทดสอบคันดิน

รูปที่ 5 แสดงรูปด้านบนและด้านข้างของแปลงทดสอบคันดิน

1. คุณสมบัติเบื้องต้นของดินที่ใช้ในการทดสอบ [1]

การศึกษาพฤติกรรมการวิบัติของคันดิน ได้ทำการทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้นของดินที่นำมาทดสอบ โดยทำการทดสอบหาคุณสมบัติดังนี้

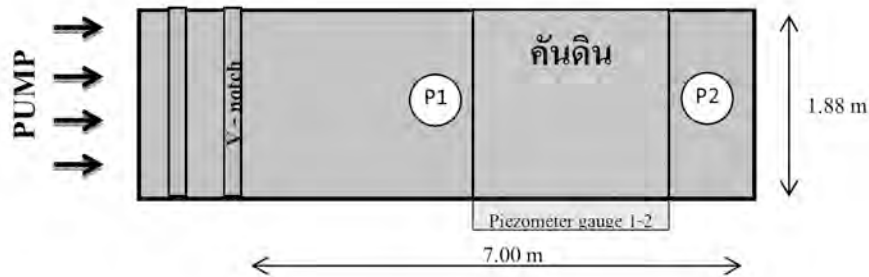
1. การทดสอบการวิเคราะห์ขนาดของเม็ดดินโดยตะแกรงและไฮโดรมิเตอร์เพื่อการจำแนกประเภทของดิน
2. การทดสอบคุณสมบัติขีดจำกัดสถานะของดิน
3. การทดสอบการยุบตัวของดิน เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในดินกับแรงเค้นทางแนวตั้ง
4. การทดสอบแรงเฉือนโดยตรงเพื่อกำหนดพารามิเตอร์ทางด้านกำลังของดินเหนียว โดยผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมของดินและคุณสมบัติทางด้านกำลังรับแรงเฉือนของดินที่นำมาทดสอบ สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติเชิงวิศวกรรมและคุณสมบัติทางด้านกำลังรับแรงเฉือนของดินที่นำมาทดสอบ

คุณสมบัติดินเชิงวิศวกรรม	ดินที่นำมาทดสอบ	คุณสมบัติดินเชิงกำลังแรงเฉือน	ดินที่นำมาทดสอบ
Specific Gravity, G_s	2.87	Friction Angle, ϕ ($^{\circ}$)	17
Liquid Limit, LL%	51	Cohesion, c (kPa)	17
Plastic Limit, PL%	24	Total Unit Weight of Soil, γ_t (kPa)	14.7
Plastic Index, PI%	27	Initial void ratio, e_0	0.89
C_c	29.7	Initial Coeff of Permeability (k_0 , mm/min)	5.1×10^{-6}
C_u	2.6	Soil Type	SW-SC

2 การเปรียบเทียบความสูงของน้ำในแปลงทดสอบและระดับน้ำใน Piezometer

เพื่อตรวจสอบระดับในแปลงทดสอบ การจำลองครั้งนี้จึงประดิษฐ์อุปกรณ์วัดระดับน้ำ โดยได้ทำการติดตั้งสายยางสอดไว้ในท่อ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะติดตั้งตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 6 ดังนั้นจึงได้ทำการเปรียบเทียบค่าความสูงของระดับน้ำใน Piezometer กับแปลงทดสอบ



รูปที่ 6 ตำแหน่ง Piezometer P1 และ P2

ความสัมพันธ์ของค่าระดับความสูงของน้ำในแปลงทดสอบและระดับน้ำใน Piezometer จากตารางที่ 7 สามารถแสดงสมการได้ดังนี้

$$H = 1.0017P1 - 10.633 \quad (1)$$

$$H = 1.0095P2 - 7.7218 \quad (2)$$

เมื่อ H คือ ระดับน้ำที่ต่ำที่สุดในแปลงทดสอบ (cm) และ P คือ ระดับน้ำใน Piezometer (cm) โดยจะเริ่มวัดได้เมื่อระดับน้ำในบ่อสูงมากกว่า 4 (cm)

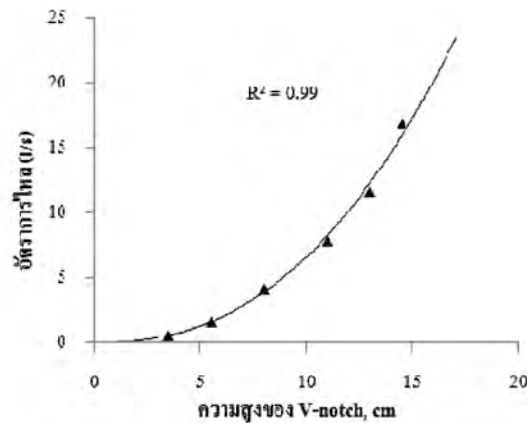
3 การเปรียบเทียบความสูง V-notch และอัตราการไหล

การกำหนดอัตราการไหลของบ่อน้ำที่ใช้ทดสอบจะได้จากการอ่านค่าความสูงของ V-notch โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7 สามารถกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล และระดับความสูงของน้ำที่ V-notch ได้ดังสมการที่ (3) คือ

$$Q = 0.0027H^{2.3805} \quad (3)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (l/s)

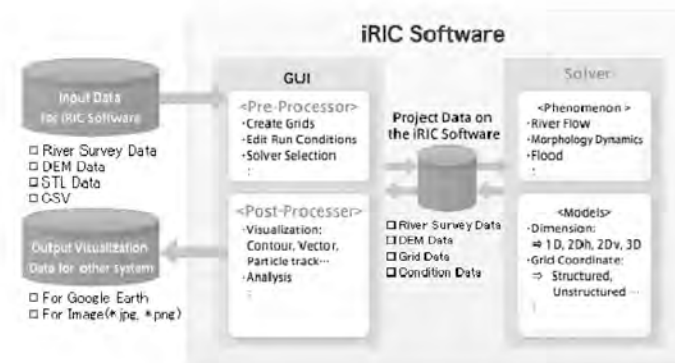
H = ความสูงของ V-notch (cm)



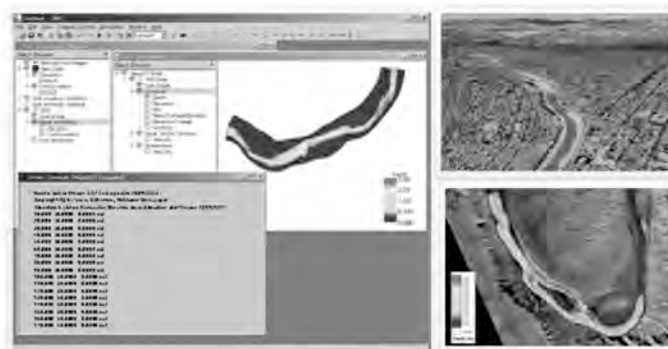
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล, Q และระดับความสูงของน้ำที่ V-notch, H

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ iRIC-Nays2D[2][3]

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ iRIC เป็น Freeware ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย The Foundation of Hokkaido River Disaster Prevention Research Center (RIC) แห่งประเทศญี่ปุ่น ซึ่งจะสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมพร้อมกับคู่มือการใช้งานได้จากเว็บไซต์ <http://i-ric.org/en/introduction>



รูปที่ 8 ผังจำลองระบบโครงสร้างการทำงานของโปรแกรม iRIC (ที่มา: <http://iRIC.org/en/introduction>)



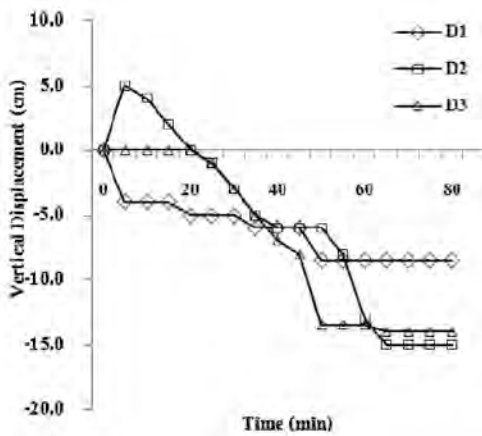
รูปที่ 9 หน้าต่างของ Pre-processor Post-processor และการ run โปรแกรมโดย Solver (ที่มา: <http://iRIC.org/en/introduction>)

1 การจำลองคันดินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ iRIC-Nays2D

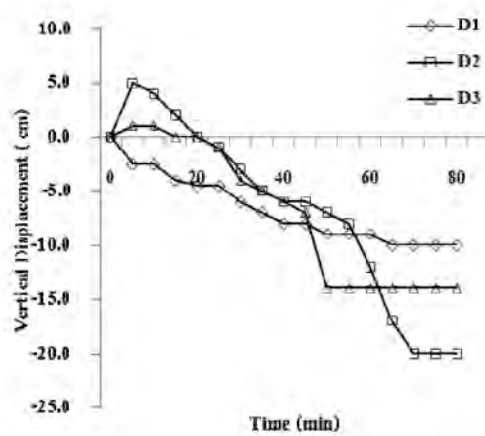
การจำลองคันดินโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ iRIC-Nays2D โดยนำข้อมูลขนาดรูปตัดขวางของแบบจำลองทางกายภาพคันดินป้อนลงในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ iRIC-Nays2D โดยใช้กริดทั้งหมด 2,272 กริด (ขนาดกริด 0.2 cm x 0.2 cm, x = 5.20 m, y = 20 cm) อัตราการไหลเท่ากับ 4.14 l/s และสัมประสิทธิ์ความขรุขระเท่ากับ 0.016 จากนั้นทำการนำเข้าข้อมูลค่าระดับของคันดินลงไปกริด และทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดให้สมบูรณ์ ในการจำลองครั้งนี้เลือกใช้ช่วงเวลา 0.01 วินาที โดยเลือกเลือกใช้ระเบียบวิธีเชิงจำนวนผลต่างสี่เหลี่ยมตามแบบวิธี CIP (Cubic interpolation pseudo particle)

ผลการวิเคราะห์การจำลองการวิบัติของคันดิน

1. ผลการจำลองโดยแบบจำลองทางกายภาพ

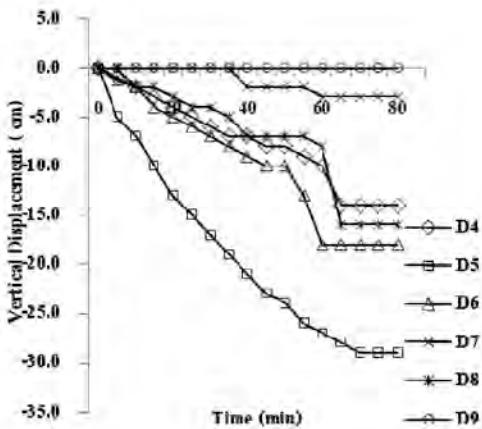


(ก) การจำลองคันดินครั้งที่ 1

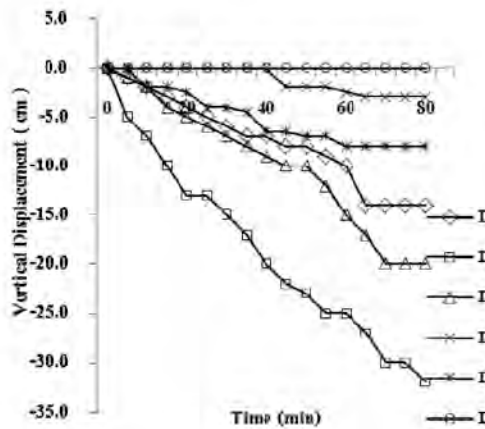


(ข) การจำลองคันดินครั้งที่ 2

รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของคันดินบริเวณสันคันดินเมื่อน้ำไหลล้นสันคันดิน



(ก) การจำลองคันดินครั้งที่ 1



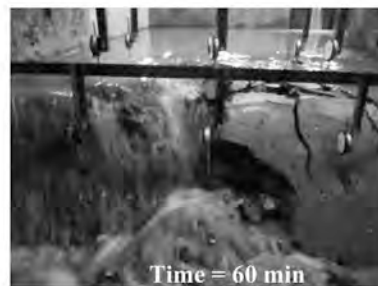
(ข) การจำลองคันดินครั้งที่ 2

รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของคันดินบริเวณลาดเอียงของคันดินเมื่อน้ำไหลล้นสันคันดิน

จากการจำลองพฤติกรรมการวิบัติของคันดินเหนียว โดยการสร้างแบบจำลองทางกายภาพบนพื้นฐานหลักการย่อส่วน 1 g ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้มาตราส่วน 1 : 8.5 สำหรับการสร้างแบบจำลอง เมื่อเริ่มทำการทดสอบได้ปล่อยน้ำที่อัตราการไหล 4.14 l/s (V-notch = 8 cm) จนถึงสันคันดินและทำการแซ่หน้าทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการปล่อยน้ำที่อัตราการไหลเท่าเดิม ทำให้น้ำเริ่มเอ่อและล้นไหลผ่านสันคันจากรูปที่ 10 ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของคันดินบริเวณสันคันดินเมื่อน้ำล้นสันคันดิน โดยรูปที่ 10 (ก) เป็นผลการจำลองคันดินครั้งที่ 1 รูปที่ 10 (ข) เป็นผลการจำลองคันดินครั้งที่ 2 เมื่อทำการเปรียบเทียบการทดสอบทั้งสองครั้ง แสดงให้เห็นว่า คันดินเริ่มมีการแยกตัวที่บริเวณสันคันดิน หรือที่ตำแหน่ง D2 ในช่วงระยะเวลาไม่ถึง 10 นาที เมื่อน้ำไหลล้นบริเวณสันคันดิน และเกิดการเคลื่อนที่ในแนวตั้งขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาการไหลของน้ำผ่านไป และเมื่อพิจารณา รูปที่ 11 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของคันดินบริเวณลาดเอียงของคันดินเมื่อน้ำล้นสันคันดิน โดยรูปที่ 11 (ก) เป็นผลการจำลองคันดินครั้งที่ 1 รูปที่ 11 (ข) เป็นผลการจำลองคันดินครั้งที่ 2 พบว่า คันดินทั้งสองมีแนวโน้มการเคลื่อนตัวในแนวตั้งไปในทางเดียวกันและมีการทรุดตัวลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาในการไหลผ่านของน้ำเพิ่มมากขึ้น โดยที่ตำแหน่ง D6 ของทั้งสองคันดินมีการเคลื่อนตัวในแนวตั้งและเกิดการทรุดตัวมากที่สุด ขณะที่ตำแหน่ง D9 ไม่เกิดการเคลื่อนตัวในแนวตั้งเลย



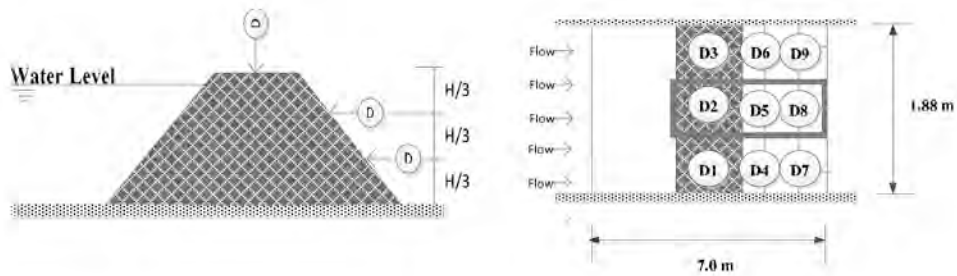
(ก) การจำลองคันดินครั้งที่ 1



(ข) การจำลองคันดินครั้งที่ 2

รูปที่ 12 ลักษณะการวิบัติของคันดินเมื่อน้ำล้นสันคันดิน

เมื่อน้ำไหลล้นสันคันดิน จะทำให้เกิดแรงเฉือนพัดพาบริเวณสันคันดิน และเกิดการกัดเซาะบริเวณสันคันดินด้านหลัง เมื่อความรุนแรงของเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีช่องทางการไหลของกระแสน้ำเพิ่ม ส่งผลให้เกิดช่องแตกบนสันคันดินด้านหลัง และขยายใหญ่ขึ้น จนทำให้บริเวณลาดเอียงของคันดินเกิดการทรุดตัวลงเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 12 ซึ่งแสดงลักษณะการวิบัติของคันดิน โดยรูปที่ 12 (ก) เป็นลักษณะการวิบัติของคันดินในการจำลองคันดินครั้งที่ 1 และรูปที่ 12 (ข) เป็นลักษณะการวิบัติของคันดินในการจำลองคันดินครั้งที่ 2 ซึ่งคันดินทั้งสองเกิดการวิบัติในลักษณะเดียวกัน คือวิบัติที่ตำแหน่ง D2, D5 และ D8 โดยเกิดขึ้นบริเวณตรงกลางของคันดิน ดังรูปที่ 13

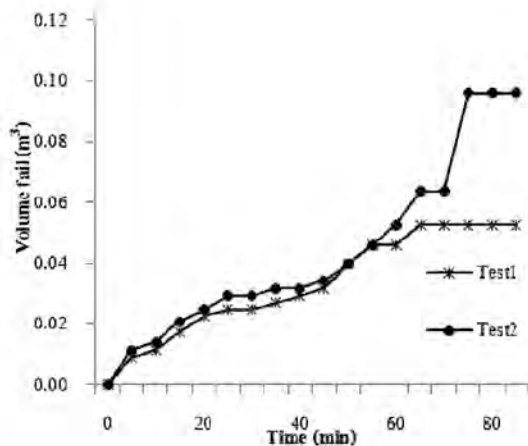


รูปที่ 13 แสดงตำแหน่งที่เกิดการวิบัติของคันดิน

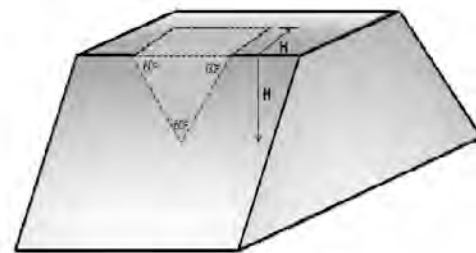
ลักษณะการวิบัติของคันดิน มีลักษณะเริ่มจากการเกิดช่องแตกขนาดเล็กและขยายใหญ่ขึ้น เนื่องจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ จากรูปที่ 14 ได้แสดงความระหว่างปริมาตรดินที่ถูกพัดพาเทียบกับระยะเวลาของทั้งสองคันดินที่ทำการทดสอบ โดยจากสมการ

$$V_f = \frac{H^3}{\sqrt{3}}$$

เมื่อ H คือขนาดความยาวของช่องว่างที่แตกบริเวณคันดิน ดังรูปที่ 15 จากความสัมพันธ์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าเมื่อ ระยะเวลาการไหลผ่านของน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาตรของดินถูกพัดพาด้วยกระแสน้ำมากขึ้น โดยการจำลองคันดินครั้งที่ 2 มีปริมาตรของดินที่ถูกพัดพามากกว่าการจำลองคันดินครั้งที่ 1



รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรดินที่ถูกพัดพาเทียบกับระยะเวลา



รูปที่ 15 แสดงขนาดความยาวการวิบัติของคันดิน

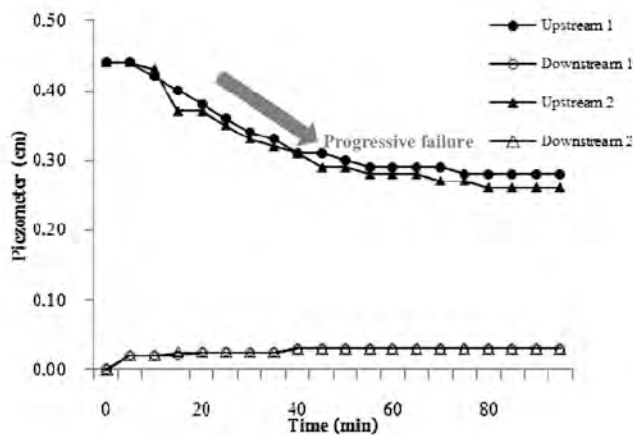
จากความสัมพันธ์ข้างต้น ได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกัดเซาะของคันดิน (Corrosion rate) กับระยะเวลาที่กระแสน้ำไหลผ่าน จากสมการ $C = \frac{V_f}{t}$ ซึ่งสามารถหาค่าอัตราการกัดเซาะของคันดิน (Corrosion rate) ได้ดังสมการที่ (4) สำหรับการจำลองคันดินครั้งที่ 1 และสมการที่ (5) สำหรับการจำลองคันดินครั้งที่ 2 โดยสมการ

ทั้งสองสมการมีค่า $R^2 = 0.94$

$$C = -0.00000001t^3 + 0.000002t^2 - 0.0011t + 0.0238 \quad (1)$$

$$C = -0.00000001t^3 + 0.000002t^2 - 0.001t + 0.0214 \quad (2)$$

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบริเวณด้านหน้าคันดินและด้านหลังคันดิน ช่วงคันดินวิบัติ ดังแสดงในรูปที่ 16 พบว่า ระดับน้ำบริเวณด้านหน้าคันดินของการทดสอบทั้งสองมีค่าระดับน้ำลดลง เนื่องจากเกิดการกัดเซาะของกระแสน้ำ ทำให้คันดินมีขนาดของช่องแตกขยายใหญ่ขึ้นและเกิดการพังทลาย ส่งผลให้เกิดช่องทางการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น โดยการจำลองคันดินครั้งที่ 2 มีค่าระดับลดลงมากกว่าการจำลองคันดินครั้งที่ 1



รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำบริเวณด้านหน้าคันดินและด้านหลังคันดิน ช่วงคันดินวิบัติ

2 ผลการจำลองโดยแบบจำลอง iRIC-Nays2D

เนื่องจากแบบจำลองทางกายภาพคันดินแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดพฤติกรรมของดินเมื่อน้ำเกิดการไหลล้นบนสันคันดินได้ แต่ไม่สามารถบอกพฤติกรรมการไหลของลำน้ำได้ทั้งหมด ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวนั้นสามารถดูได้ในแบบจำลอง iRIC-Nays2D ดังนั้นจึงต้องทำการปรับเทียบลักษณะการพังทลายในแบบจำลองทั้งสองให้มีความคล้ายคลึงกัน โดย รูปที่ 17 แสดงลักษณะก่อนและหลังการพังทลายของคันดินโดยจะเห็นได้ว่าการพังทลายที่เกิดขึ้นมีลักษณะในรูปของ Bell mouth [1], [2] ซึ่งสอดคล้องกับ รูปที่ 18 แสดงลักษณะก่อนและหลังการพังทลายของคันดินจากแบบจำลอง iRIC-Nays2D จะเห็นได้ว่าลักษณะการพังทลายของทั้งสองแบบจำลองมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

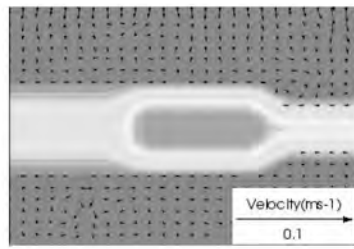


(ก) ก่อนคันดินพังทลาย

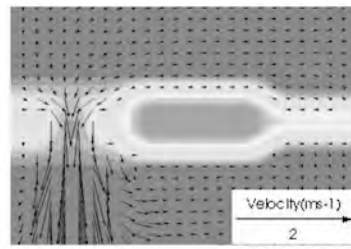


(ข) หลังคันดินพังทลาย

รูปที่ 17 เปรียบเทียบลักษณะก่อนและหลังการพังทลายของคันดินจากแบบจำลองทางกายภาพ



(ก) ก่อนคันดินพังทลาย

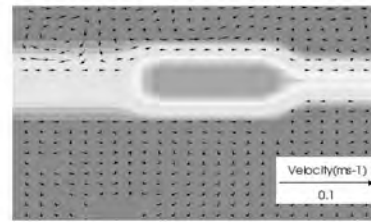


(ข) หลังคันดินพังทลาย

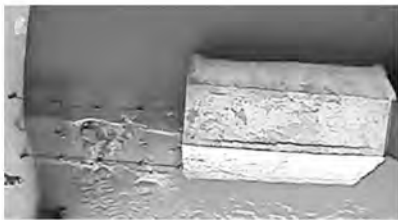
รูปที่ 18 เปรียบเทียบลักษณะก่อนและหลังการพังทลายของคันดินจากแบบจำลอง iRIC-Nays2D



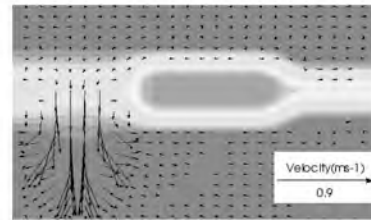
T= 10 min, width = 10 cm



T= 10 min, width = 7 cm



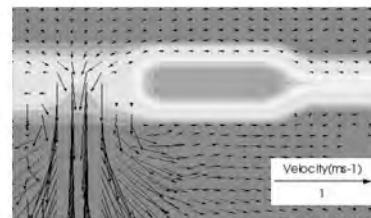
T= 20 min, width = 25 cm



T= 20 min, width = 22 cm



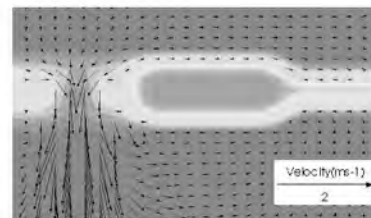
T= 40 min, width = 38 cm



T= 40 min, width = 34 cm



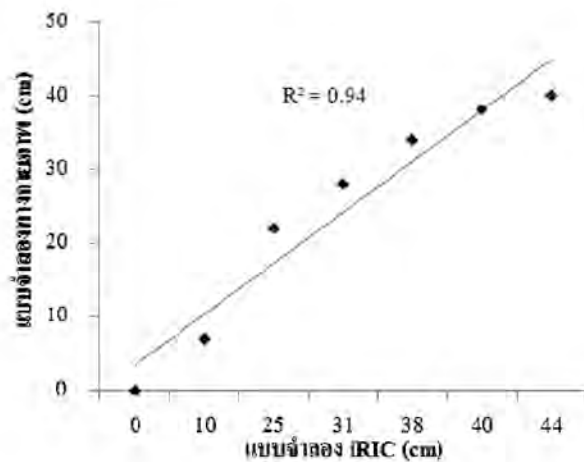
T= 60 min, width = 44 cm



T= 60 min, width = 40 cm

รูปที่ 19 เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองทางกายภาพและโปรแกรมแบบจำลอง iRIC-Nays2D

จากการจำลองพฤติกรรมการพังทลายของคันดินเหนียวในกรณีน้ำไหลล้นสันคันดินของทั้ง 2 แบบจำลอง เมื่อนำผลการเปรียบเทียบความกว้างของช่วงคันดินพังทลายระหว่างแบบจำลองทางกายภาพและโปรแกรมแบบจำลอง iRIC-Nays2D จากรูปที่ 19 พบว่าลักษณะการพังทลายของคันดินเหนียวของทั้ง 2 มีความกว้างของช่องที่เกิดจากการพังทลายบริเวณคันดินคล้ายคลึงและใกล้เคียงกันมาก โดยจะเริ่มมีการกัดเซาะของน้ำในนาที่ที่ 10 และความกว้างของการพังทลายบริเวณคันดินนั้นต่างกันเพียง 3 cm ต่อมาเมื่อระยะเวลาผ่านไปจนถึงช่วงนาที่ที่ 20 ถึง 40 การพังทลายนั้นมีรูปแบบการพังทลายในลักษณะ Bell mouth อย่างชัดเจน และความต่างของความกว้างของการพังทลายนั้นต่างกันเพียง 3-4 cm และจากการปล่อยกระแสน้ำด้วยอัตราเร็วที่คงที่อย่างต่อเนื่องจนถึงนาที่ที่ 60 จึงเกิดการพังทลายของสันคันดินอย่างสมบูรณ์ ซึ่งความกว้างของการพังทลายของสันคันดินทั้ง 2 แบบจำลองนั้นมีความต่างเพียง 4 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ของขนาดช่องขนาดที่เกิดจากการพังทลายของคันดินระหว่างแบบจำลองทางกายภาพและโปรแกรมแบบจำลอง iRIC-Nays2D จะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ดังกล่าวมีค่า R^2 เข้าใกล้ 1 มาก ดังนั้นการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของโปรแกรมแบบจำลอง iRIC-Nays2D มีความถูกต้องและความแม่นยำสูง



รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ของขนาดช่องขนาดที่เกิดจากการพังทลายของคันดินระหว่างแบบจำลองทางกายภาพและโปรแกรมแบบจำลอง iRIC-Nays2D

บทสรุป

การศึกษาพฤติกรรมการวิบัติของคันดินกรณีน้ำไหลล้นบนคันดิน โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางกายภาพและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้อัตราการไหลที่ 4.14 l/s สามารถสรุปผลการศึกษาคือ

1. ผลจากการจำลองทางกายภาพคันดิน พบว่า เมื่อน้ำไหลล้นสันคันดิน ทำให้เกิดแรงเฉือนพัดพาบริเวณสันคันดิน และเกิดการกัดเซาะบริเวณสันคันดินด้านหลัง โดยเกิดช่องแตกขนาดเล็กและขยายใหญ่ขึ้น เมื่อกระแสน้ำไหลผ่านเป็นระยะเวลานาน ได้กัดเซาะและพัดพาน้ำดินออกไป จนทำให้บริเวณลาดเอียงของคันดินเกิดการทรุดตัวลง

2 ผลจากการจำลองโปรแกรมแบบจำลอง iRIC-Nayz2D พบว่า มีลักษณะการพังทลายที่คล้ายคลึงกันกับแบบจำลองทางกายภาพ โดยมีรูปแบบการพังทลายในลักษณะ Bell mouth และมีขนาดความกว้างของช่องขาดที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาทิศทางการไหลของน้ำจากจำลองโปรแกรมแบบจำลอง iRIC-Nayz2D พบว่า เมื่อน้ำไหลล้นบนคัน ดินทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณตรงกลางของคันดิน ส่งผลให้ทิศทางการไหลของน้ำบริเวณเหนือน้ำมีการไหลมารวมตัวกันที่ตรงกลางคันดินจนเกิดการกัดเซาะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และที่บริเวณท้ายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงของการกระจายตัวแผ่ขยายออกมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนตามโครงการความร่วมมือในการผลิตนักวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยผ่าน สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) และขอขอบคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาโดยตลอดการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Froehlich, D. C. (2004). Two-dimensional model for embankment dam breach formation and flood wave generation, 21st Annual Conf. of the Association of State Dam Safety Officials, Lexington, Ky. Wang, Z. and Bowles, D. S. (2006) Dam breach simulations with multiple breach locations under wind and wave action, *Advances in Water Resources*, 29(8), pp. 1222-1237.
- Pongpan Kanjanakaroon, Sanit wongsa and Chaiwat Ekkawatpanit. (2013). Simulation of levee breach erosion due to overflow by iRIC. The 2nd EIT International Conference on Water Resources Engineering. Le Méridien Chiang Rai Resort, Thailand. 5-6 September 2013. Page. 128.
- Sanit Wongsa. (2013). 2011 Thailand Flood. *Journal of Disaster Research* Vol.8 No.3, 380-385.
- ชลลดา ยวงใย และ สนิท วงษา. (2557). การประยุกต์ใช้โปรแกรมแบบจำลอง iRIC กรณีศึกษาการพังทลายของคันดินเหนียวบริเวณรอยต่อโครงสร้างประตูระบายน้ำบางโลมศรี. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด จ. ขอนแก่น. วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557.
- ณัฐพงษ์ เภาวัลย์ และ สนิท วงษา. (2556). การเปรียบเทียบเสถียรภาพของคันดินบางโลมศรีกับคันดินเหนียวกรุงเทพฯ โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 5. โรงแรมเลอเมอร์เดียน เชียงราย รีสอร์ท. วันที่ 5 – 6 กันยายน 2556. หน้า 96.
- ณัฐพงษ์ เภาวัลย์ และ สนิท วงษา. (2557). การจำลองทางกายภาพของคันดินช่วงน้ำท่วม. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด จ. ขอนแก่น. วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557.
- พีไลวรรณ ศรีสงคราม และ สนิท วงษา. (2557). การศึกษาพฤติกรรมทางชลศาสตร์การพังทลายของคันดิน โดยใช้ Nays2D. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด จ. ขอนแก่น. วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557.
- พีไลวรรณ ศรีสงคราม และ สนิท วงษา. (2556). “การประยุกต์ใช้โปรแกรม iRIC เพื่อศึกษาพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของคันดินพังทลาย”. การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม. วันที่ 6-7 ธันวาคม 2556. หน้า 117.
- ระพีพรรณ ทามูล และ สนิท วงษา. (2557). การจำลองกายภาพของคันดินบริเวณรอยต่อโครงสร้างประตูระบายน้ำ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด จ. ขอนแก่น. วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557.