

การศึกษาเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาการกัดเซาะที่เกิดจากดินกระจายตัวบริเวณอ่างเก็บน้ำ
ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
A STUDY OF ALTERNATIVE COUNTERMEASURES FOR
DISPERSIVE SOIL EROSIONS OF RESERVOIRS IN KASETSART UNIVERSITY
CHALERMPHRAKIAT SAKON NAKHON PROVINCE CAMPUS

ศุภกิจ นนทนานันท์ (Supakij Nontananandh)¹

อภินิติ โชติสังกาศ (Apiniti Jotisankasa)²

ชูเดช ทองมิตร (Choodej Thongmit)³

พงษ์ศักดิ์ สุริยวานากุล (Pongsak Suriyavanagul)⁴

ก่อโชค จันทวารงกุล (Korchoke Chantawaranggul)⁵

¹รองศาสตราจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, Email : fengskn@ku.ac.th

²อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, Email : fengatj@ku.ac.th

³นิสิตปริญญาโท, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตบางเขน, Email : g4765209@ku.ac.th

^{4,5}รองศาสตราจารย์, สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาดินกระจายตัวในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร โดยเฉพาะบริเวณอ่างเก็บน้ำและถนนที่มีปัญหาการกัดเซาะและน้ำขุ่น ผลจากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่า การจำแนกดินกระจายตัวในห้วงปฏิบัติการและการสำรวจภาคสนามให้ผลที่ตรงกัน คือ ดินบริเวณอ่างเก็บน้ำแต่ละอ่างมีระดับของการกระจายตัวที่แตกต่างกันมาก ประกอบกับชั้นดินมีความหลากหลาย จึงมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลาย ๆ ด้านประกอบกัน เพื่อให้ทราบข้อมูลมากที่สุดสำหรับประกอบการวางแผนแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง แนวทางการแก้ไขปัญหาวางแผนจะแบ่งออกเป็น 2 แนวทาง คือ การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ปูนขาวและการควบคุมคุณภาพการบดอัดรวมกับการใช้วัสดุสังเคราะห์ สุดท้ายจะเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแก้ปัญหาดินที่มีระดับการกระจายตัวต่าง ๆ กัน โดยคำนึงถึงความปลอดภัยและการใช้งานโครงสร้างในระยะยาว

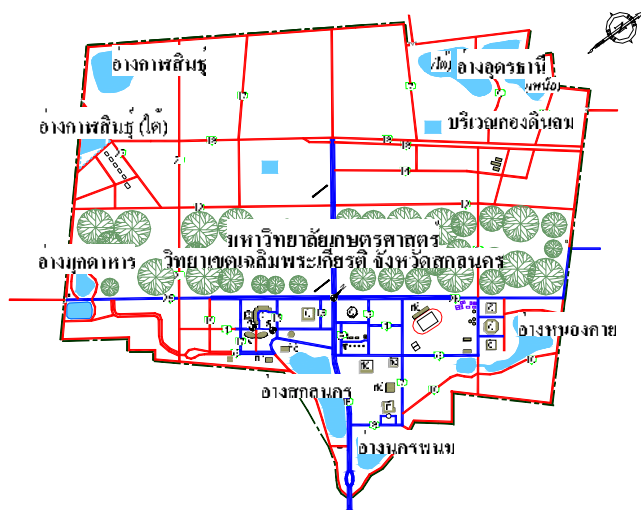
ABSTRACT : This paper is aimed at presenting a preliminary results of studies on dispersive soils and soil erosion in form of gullies around reservoirs and road embankments in Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus. Based on dispersivity classifications in laboratory and site reconnaissance surveys, the soils around reservoirs have been differentiated in terms of degrees of dispersion. Some complications of the soil layers are also observed. Therefore, it is necessary to consider results from a variety of tests in order to understand the problems and find the best solution for solving the dispersive soil erosion in the campus. The study will ultimately focus on two alternative countermeasures for dispersive soil erosions, namely, lime treatment, and compaction control with geosynthetics. The feasibility of these countermeasures will be investigated, and the best alternative will be selected for the different degrees of dispersion (DDS) of soil.

KEYWORDS : Dispersive soil, Gully erosion, Degree of dispersion (DDS), Lime treatment

1. บทนำ

ดินกระจายตัว คือ อนุภาคของดินเหนียวซึ่งเมื่อสัมผัสกับน้ำ จะเกิดการกัดเซาะได้ง่าย การกัดเซาะดังกล่าวจะเกิดขึ้นโดยรอบของอนุภาค ทำให้เม็ดดินเหนียวหลุดออกจากมวลดินเป็นตะกอนขุ่นและแขวนลอยที่กระจายอยู่ในน้ำ หรืออาจกล่าวได้ว่า การกระจายตัวของอนุภาคดินเหนียวเกิดจากกลไกการกัดเซาะทั้งทางเคมีและทางกลศาสตร์ [1] ลักษณะภูมิประเทศของดินกระจายตัวสามารถสังเกตได้จากการกัดเซาะเป็นร่องน้ำแบบลึก (gully erosion) รูโพรง (piping and tunneling) หรือถูกกัดเซาะที่ผิวด้านนอก (surface erosion) โดยเฉพาะบริเวณที่มีความลาดชันมาก ๆ หรือสังเกตจากแหล่งน้ำในบริเวณข้างเคียงซึ่งมีความขุ่นตลอดเวลา

ตัวอย่างความเสียหายจากการนำดินกระจายตัวไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในงานวิจัยนี้ รวบรวมจากการสำรวจภาคสนามเบื้องต้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ดังแสดงในรูปที่ 1 จากการสำรวจบริเวณขอบอ่างเก็บน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งอ่างอุดรธานีและมุกดาหาร พบการกัดเซาะเป็นร่องน้ำแบบลึกมีความรุนแรงมากกว่าอ่างอื่น ๆ ประกอบกับน้ำในอ่างมีลักษณะเป็นตะกอนขุ่น ทำให้เกิดปัญหาภิบบระบบการผลิตน้ำประปา นอกจากนี้ในถนนบางสายยังสังเกตพบการกัดเซาะในลักษณะดังกล่าวบริเวณลาดคันดินถมและบนผิวทาง สันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากการใช้ดินกระจายตัวในการก่อสร้าง ความเสียหายต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจในบางบริเวณก็ไม่มีปัญหาในลักษณะดังกล่าว เช่น อ่างนครพนม และอ่างหนองคาย



(ก) ลักษณะการกัดเซาะเป็นร่องน้ำแบบลึกบริเวณขอบอ่าง



(ข) การกัดเซาะลาดคันดินถมของถนนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง



(ค) ลักษณะของน้ำที่ขุ่นอยู่ตลอดเวลา



(ง) ทรานเกลือบนผิวดินที่ถูกกัดเซาะเป็นรูป v-shape

รูปที่ 2 ลักษณะภูมิประเทศของดินกระจายตัวบริเวณอ่างเก็บน้ำและถนนภายในวิทยาเขต

งานวิจัยนี้จะได้ศึกษาพฤติกรรมการกัดเซาะลาดดินธรรมชาติบริเวณขอบอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ และหาขอบเขต (Zoning) ของดินกระจายตัวในวิทยาเขต โดยการทดสอบทางกายภาพและทางเคมี รวมทั้งการสำรวจภาคสนาม เพื่อช่วยประเมินแนวโน้มการกระจายตัวของดินในบริเวณต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ตลอดจนหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการกระจายตัวของดินในระดับต่าง ๆ ให้มีความปลอดภัยก่อนนำไปใช้งาน

2. การตรวจเอกสาร

การจำแนกดินกระจายตัวในงานวิจัยนี้ จะใช้การทดสอบทางกายภาพ ซึ่งประกอบด้วย 1) Crumb Test 2) Double Hydrometer Test และ 3) Pinhole Test รายละเอียดในแต่ละการทดสอบสรุปได้ดังนี้

1) Crumb Test เป็นวิธีการจำแนกดินกระจายตัวในสนามซึ่งทดสอบได้ง่ายและรวดเร็ว โดยการนำชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของดินแห้ง (Airdry Crumbs) ขนาดเท่ากับเมล็ดถั่วซึ่งบิออกมาจากดินที่ต้องการจะทดสอบโดยตรง ใสลงไปในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นเอาไว้แล้วประมาณ 1 ใน 3 ส่วน แล้วสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดินในน้ำประมาณ 10 นาที [3] การจำแนกดินกระจายตัวโดยวิธีการนี้สรุปได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิจำแนกดินกระจายตัว โดยวิธี Emerson Crumb Test [3]

การทดสอบ Crumb Test อาจทำได้อีกวิธีหนึ่ง โดยนำชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของดินแห้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-10 มม. ใส่ลงไปในบีกเกอร์ที่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.04 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร แทนที่จะเป็นน้ำกลั่น แล้วสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดินในสารละลาย ประมาณ 5-10 นาที [4] การจำแนกดินกระจายตัวโดยวิธีการนี้ สามารถแบ่งดินออกได้เป็น 4 ระดับ (Grade) คือ

- ระดับที่ 1 ไม่มีปฏิกิริยา ดินแตกออกเล็กน้อย ไม่มี ความขุ่นอยู่ในน้ำเลย
- ระดับที่ 2 มีปฏิกิริยาเล็กน้อย มีความขุ่นเล็กน้อยที่ผิวของ ก้อนดิน ไม่สามารถเห็น ความขุ่นได้ชัดเจน
- ระดับที่ 3 มีปฏิกิริยาปานกลาง เห็นความขุ่นได้ชัดเจนเมื่อ เอาก้อนดินใส่ลงไปในน้ำ จะมีความขุ่นเกิดขึ้นบาง ๆ
- ระดับที่ 4 มีปฏิกิริยาอย่างมาก ก้นภาชนะใส่ดินมีความขุ่น เกิดขึ้นทั่วไป น้ำในภาชนะ เมื่อตั้งทิ้งไว้จะขุ่นทั่วถึงกัน

2) Double Hydrometer Test (DHT) เป็นการทดสอบหาระดับ การกระจายตัวของดิน โดยเปรียบเทียบสัดส่วนอนุภาคดินเหนียว ที่มีขนาดตั้งแต่ 0.005 มม. ลงไป กับอนุภาคของดินเหนียวขนาด เดียวกันที่กระจายตัวอยู่ในน้ำซึ่งเติมสาร Dispersing Agent ลงไป ด้วย (ASTM D4221-83) ระดับการกระจายตัวของดิน คำนวณได้ ดังสมการที่ 1

$$\%DDS = \frac{\% \text{finer than } 0.005 \text{ mm without dispersant}}{\% \text{finer than } 0.005 \text{ mm with dispersant}} \times 100 \quad (1)$$

ผลการจำแนกดินกระจายตัว โดยใช้ระดับของการกระจายตัว สรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการจำแนกดินกระจายตัวจากการทดสอบ DHT

ระดับการกระจายตัว (เปอร์เซ็นต์)	ผลการจำแนกดินกระจายตัว
0-33	ไม่มีปัญหาการกระจายตัว (Non-dispersive)
34-67	เริ่มมีปัญหาการกระจายตัว (Moderately Dispersive)
68-100	ดินมีการกระจายตัวสูง (Highly Dispersive)

3) Pinhole Test เป็นการทดสอบตัวอย่างดินแบบไม่คงสภาพ โดยทำการบดดินแบบมาตรฐานลงในแบบ ผลการจำแนกดิน กระจายตัวพิจารณาจากอัตราการไหล ความขุ่นของน้ำ และขนาด ของรูเจาะ ภายหลังจากปล่อยให้ให้น้ำไหลผ่านตัวอย่างดินบดซึ่ง ได้จำลองรูรั่วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. ที่เฮดของน้ำ 50 มม. 180 มม. 380 มม. และ 1020 มม. ตามลำดับ [4] ผลการ จำแนกดินกระจายตัว สรุปในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการจำแนกดินกระจายตัวจากการทดสอบ Pinhole Test

ผลการจำแนก	เฮด (มม.)	เวลา ทดสอบ (นาที)	อัตราการไหลของน้ำ (มล./วินาที)	สี, ความขุ่น ของน้ำ	ขนาด รูเจาะ (มม.)
กระจายตัว					
D1	50	5	>1.5	ขุ่นมาก	>2
D2	50	10	>1.0	ขุ่น, มีสี เล็กน้อย	>2

ผลการจำแนก	เขต	เวลาทดสอบ (นาที)	อัตราการไหลของน้ำ (มล./วินาที)	สี, ความขุ่นของน้ำ	ขนาดรูเจาะ ¹ (มม.)
<i>ไม่กระจายตัว</i>					
ND4	50	10	<0.8	มีสีเล็กน้อย, มองเห็นง่าย	<1.5
ND3	180	5	>2.5	มีสีเล็กน้อย, มองเห็นง่าย	>2
	380	5	>3.5	มีสีเล็กน้อย	2
ND2	1020	5	>5	ใส, เกือบไม่มีสี	2
ND1	1020	5	<4	ใส	1

¹ เป็นขนาดรูเจาะหลังทดสอบ (ภายหลังจากผ่านน้ำที่เฮดนั้น ๆ)

สำหรับการทดสอบทางเคมี ประกอบด้วย

1) ปริมาณเกลือละลายทั้งหมดและเปอร์เซ็นต์โซเดียม (Total Dissolved Salt และ %Sodium) ปริมาณเกลือละลายทั้งหมดในดิน ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกระจายตัวของดิน แต่ดินกระจายตัวจะมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์โซเดียมโดยดินที่กระจายตัวสูง มักมีเปอร์เซ็นต์โซเดียมสูงเกิน 80 เปอร์เซ็นต์

2) เปอร์เซ็นต์โซเดียมในดินที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Sodium Percentage, ESP) ดินที่มีค่า ESP สูง มักพบว่าเป็นดินกระจายตัว โดยเฉพาะดินที่มีค่า ESP สูงเกิน 7

3) อัตราการดูดซับโซเดียมในดิน (Sodium Absorption Ratio, SAR) ค่า SAR มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกระจายตัวของดิน โดยค่า SAR ยิ่งสูง ดินยิ่งกระจายตัวมาก ดินกระจายตัวส่วนใหญ่จะมีค่า SAR สูงเกิน 2

3. ระเบียบวิธีวิจัย

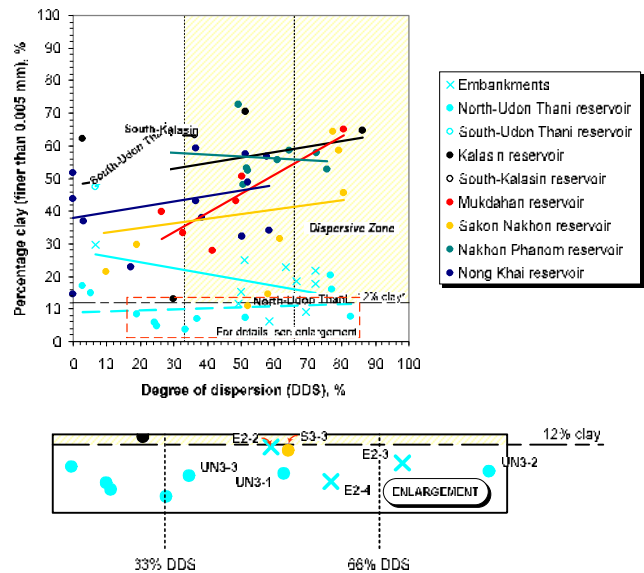
งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ๆ *ขั้นแรก* เริ่มจากการสำรวจภาคสนาม เพื่อประเมินระดับการกระจายตัวและแบ่งพื้นที่ย่อย ๆ สำหรับการศึกษาวิจัยในเบื้องต้น รวมทั้งเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างดินเพื่อทดสอบคุณสมบัติชั้นพื้นฐานและจำแนกชนิดของดิน *ขั้นที่สอง* เป็นการทดสอบความสามารถในการกระจายตัวของดิน (Soil Dispersivity) โดยการทดสอบทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกดินกระจายตัว รวมทั้งจัดโซนดินกระจายตัวภายในวิทยาเขต *ขั้นสุดท้าย* เป็นการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมที่สุด สำหรับดินที่มีระดับการกระจายตัวต่าง ๆ กัน โดยอาศัยแนวความคิดของการปรับปรุงคุณภาพทางเคมี (Chemical Modification) และการ

ควบคุมคุณภาพการบดอัด (Compaction Control) ร่วมกับการป้องกันการกัดเซาะลาดดิน (Soil Erosion Control)

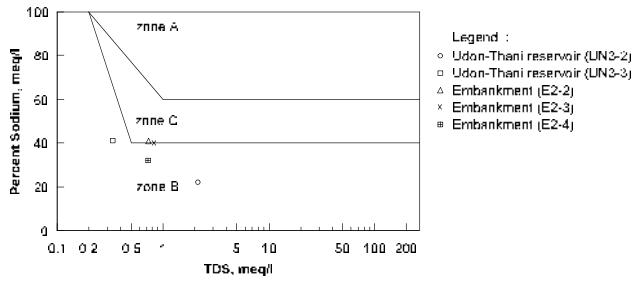
4. ผลการวิจัย

4.1 Double Hydrometer Test (DHT)

ผลการทดสอบ DHT ในรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ระดับการกระจายตัวของดินบริเวณอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ มีการกระจายตัวอยู่ในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 0 ไปจนถึง 86.24 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ถ้าพิจารณาเป็นรายอ่างเก็บน้ำจะพบว่า บริเวณกองดินถม อ่างอุรธานีเหนือ และอ่างมุกดาหาร มีระดับการกระจายตัวเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ และกระจุกตัวอยู่ในช่วงระดับการกระจายตัวสูง ๆ และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว (ขนาดเล็กกว่า 0.005 มม.) กับระดับการกระจายตัว พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันโดยตรง ที่น่าสนใจคือ เปอร์เซ็นต์ดินเหนียวที่น้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ ไม่น่าจะทำให้เกิดการกระจายตัวของดิน เนื่องจากปริมาณดินเหนียวไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ [2] อย่างไรก็ตาม ถ้าพิจารณาจากระดับการกระจายตัวจะพบว่า มีอยู่ 7 ตัวอย่างที่ดินกระจายตัว โดย 2 ใน 7 เป็นดินที่กระจายตัวรุนแรง แม้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียวน้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ก็ตาม ดังนั้น จึงใช้การทดสอบทางเคมีช่วยจำแนกดินในกลุ่มนี้เพิ่มเติม ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของดินเหนียว (Percentage clay) กับระดับการกระจายตัวของดิน แยกย่อยอ่างเก็บน้ำ



Note : Zone A : Dispersive
 Note : Zone B : Nondispersive
 Note : Zone C : Intermediat

Percent Sodium (meq/l) = $\frac{Na (100)}{Ca + Mg + Na + K}$
 TDS = Ca + Mg + Na + K
 = Total Dissolved Salts

Reservoir	Boring No.	Saturated Extract		Saturated Extract							Classification
		pH	ECx10 ³	Na (meq/l)	K (meq/l)	Ca+Mg (meq/l)	SAR (%)	ESP (%)	TDS (meq/l)	Na (%)	
North Udon-Thani	UN3-1	-	-	-	-	-	-	2.90	-	-	-
	UN3-2	5.5	0.21	0.47	0.11	1.80	0.53	2.00	2.18	22	B
	UN3-3	4.8	0.03	0.14	0.04	0.16	0.50	1.70	0.34	4.1	B
Embankment	E2-2	4.3	0.08	0.30	0.08	0.35	0.71	1.90	0.73	4.1	C
	E2-3	4.3	0.08	0.33	0.08	0.41	0.73	1.90	0.82	40	B or C
	E2-4	4.3	0.07	0.24	0.08	0.41	0.53	2.10	0.74	32	B
Sakon Nakhon	S2-3	-	-	-	-	-	-	3.00	-	-	-

Note : EC = Electrical Conductivity of Saturation Extract (mmhns/cm)

รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โซเดียมต่อปริมาณเกลือละลายทั้งหมดของตัวอย่างดินอ่างอุครธานีเหนือ และกองดินถม [4]

จากความสัมพันธ์ในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างเพียง 2 ใน 7 เท่านั้น ที่มีแนวโน้มเป็นดินกระจายตัว (โซน C)

4.2 Pinhole Test

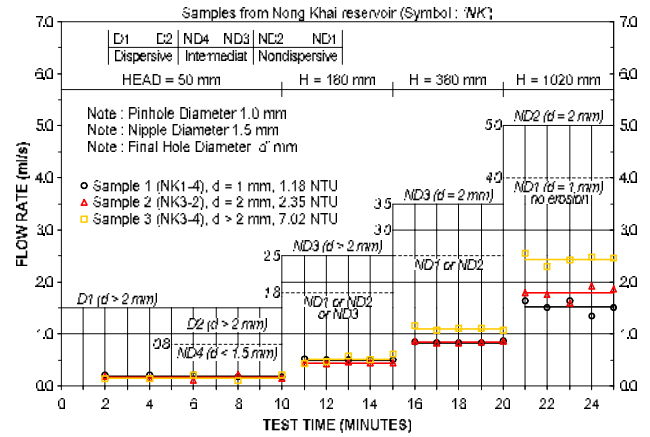
ผลจากการทดสอบ Pinhole Test จำนวน 63 ตัวอย่างเปรียบเทียบกับผลทดสอบ DHT พบว่า ดินซึ่งได้รับการบดอัดตามมาตรฐาน ตั้งแต่ 95 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป สามารถลดปัญหาการกัดเซาะที่เกิดจากการกระจายตัวของดินลงได้ และให้ผลทดสอบส่วนใหญ่เป็น ND1 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการจำแนกดินโดยวิธี DHT และ Pinhole Test

อ่างเก็บน้ำ/ กองดินถม	ผลการจำแนกดินกระจายตัว (ตัวอย่าง)			
	Double Hydrometer Test		Pinhole Test	
	กระจายตัว ¹	ไม่กระจายตัว	กระจายตัว ²	ไม่กระจายตัว
กองดินถม	6	1	-	7 (ND1, 2)
อุครธานีเหนือ	3	5	-	8 (ND1)
อุครธานีใต้	-	2	-	2 (ND1)
กาฬสินธุ์	2	3	-	5 (ND1)
กาฬสินธุ์ (ใต้)	1	1	-	2 (ND1)
มุกดาหาร	4	2	1 (ND3)	5 (ND1, 2)
สกลนคร	5	4	-	9 (ND1, 2)
นครพนม	8	1	1 (ND3)	8 (ND1, 2)
หนองคาย	8	7	2 (ND3)	13 (ND1, 2)
รวม	37	26	4	59

¹ DHT กระจายตัวปานกลาง (DDS อยู่ระหว่าง 33 ถึง 66 เปอร์เซ็นต์)
กระจายตัวรุนแรง (DDS มากกว่า 66 เปอร์เซ็นต์)

² Pinhole Test กระจายตัวปานกลาง (ND3 และ ND4)
กระจายตัวรุนแรง (D1 และ D2)



รูปที่ 6 อัตราการไหลของน้ำผ่านรูเจาะดินขนาด 1 มม. จากการทดสอบ Pinhole Test ของตัวอย่างดินอ่างหนองคาย

รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบ Pinhole Test ของตัวอย่างดินอ่างหนองคาย ตัวอย่างแรกพบว่า อัตราการไหลของน้ำที่เฮด 1020 มม. น้อยกว่า 4 มล./วินาที ขนาดของรูเจาะหลังทดสอบมีขนาดเท่าเดิม (1 มม.) และน้ำที่ไหลออกมาใส จึงจำแนกเป็น ND1 สำหรับตัวอย่างที่ 2 และ 3 ถึงแม้ว่าอัตราการไหลจะต่ำกว่า 4 และ 1.8 มล./วินาทีที่เฮด 1020 และ 180 มม. แต่เมื่อพิจารณาขนาดรูเจาะหลังทดสอบพบว่ามีความใหญ่ขึ้นเป็น 2 และ 4 เท่าของรูเจาะเริ่มต้น ประกอบกับน้ำมีความขุ่นเพิ่มขึ้น (2.35 และ 7.02 NTU) ดังนั้นจึงจำแนกเป็น ND2 และ ND3 ตามลำดับ

4.3 Field Crumb Test

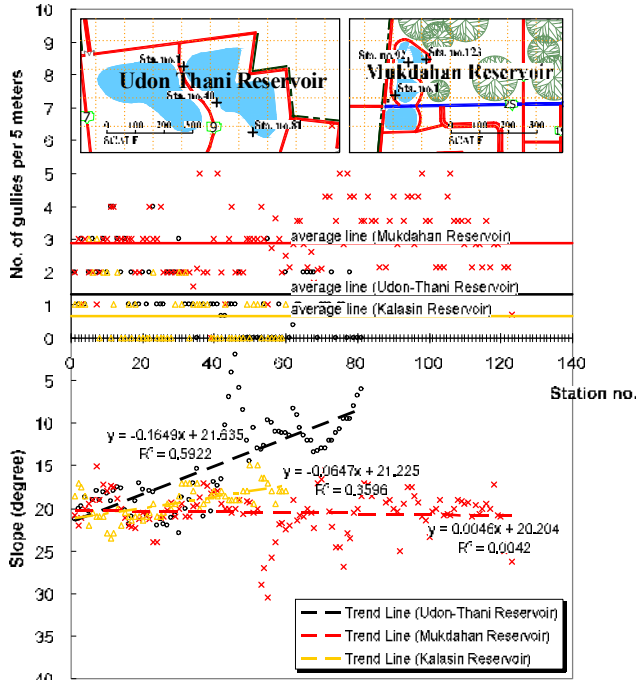
ดินทุกตัวอย่างซึ่งทดสอบโดยวิธี Emerson Crumb Test [3] จะเกิดการทลายตัวในน้ำจนหมดภายในเวลาไม่กี่วินาที ด้วยอัตราที่แตกต่างกัน ส่วนการทดสอบ Crumb Test โดยวิธีของ Sherard และคณะ (1976) [4] จำแนกดินกระจายตัวออกได้เป็นเกรด 1 และเกรด 2 เป็นส่วนใหญ่ โดยไม่มีตัวอย่างใดจำแนกได้เป็นเกรด 4

4.4 การสำรวจภาคสนามชั้นรายละเอียด

4.4.1 ความลาดชันกับความรุนแรงของการกัดเซาะ

เมื่อพิจารณาเฉพาะความลาดชันของอ่าง พบว่า อ่างมุกดาหารมีความลาดชันมากกว่าอ่างอุครธานีเหนือและอ่างกาฬสินธุ์ โดยมีมุมลาดเอียงอยู่ระหว่าง 15 ถึง 30 องศา เฉลี่ยประมาณ 20 องศา กับแนวราบ ในขณะที่อ่างอุครธานีเหนือจะมีมุมลาดเอียงอยู่ในช่วงที่กว้างกว่า ตั้งแต่ 2 องศา ไปจนถึง 23 องศา เฉลี่ยประมาณ 16 องศา กับแนวราบ จากการวัดระดับความรุนแรงของการกัดเซาะโดยการนับจำนวนร่องการกัดเซาะ รวมทั้งวัดความลึกและความกว้างตรงตำแหน่งที่ลึกที่สุด พบว่า อ่างกาฬสินธุ์มีความถี่น้อยที่สุดประมาณ 0.7 ร่อง ต่อความยาว 5 เมตร (0.1 ร่อง/เมตร)

อ่างมุกดาหารมีความถี่ของการกัดเซาะมากกว่า เฉลี่ย 2.9 ร่อง ต่อความยาว 5 เมตร (0.6 ร่อง/เมตร) ส่วนอ่างอุครธานีเหนือจะมีความถี่น้อยกว่าประมาณครึ่งหนึ่งของอ่างมุกดาหาร ดังแสดงในรูปที่ 7 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีการปลูกหญ้าแฝกบริเวณตอนบนของลาดดินอ่างอุครธานีเหนือ ทำให้ความถี่ของการกัดเซาะลดลง



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันและความถี่ของการกัดเซาะเป็นร่องลึก (อ่างอุครธานีเหนือ อ่างมุกดาหาร และอ่างกาฬสินธุ์)

4.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของดินที่สูญเสียไป ความแน่นของดินบริเวณขอบอ่าง และความลึกของการกัดเซาะ

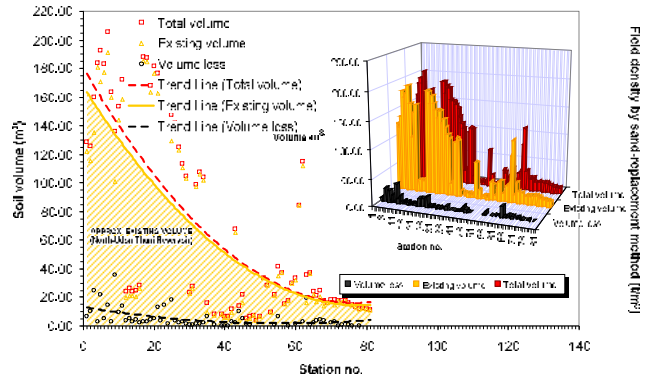
จากการประมาณปริมาตรของดินที่สูญเสียไปเนื่องจากการกัดเซาะเป็นร่องลึก โดยสมมติให้หน้าตัดของร่องการกัดเซาะเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว และให้ความยาวเท่ากับระยะทางตามแนวเอียงของลาดดิน จะทำให้สามารถคำนวณปริมาตรของดินที่สูญเสียไปโดยประมาณได้ รูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่า เมื่อความแน่นของดินบริเวณขอบอ่างเพิ่มขึ้น จะทำให้ความลึกและความถี่ของการกัดเซาะลดลงไปพร้อม ๆ กับความลาดชันบริเวณขอบอ่าง ส่งผลให้ปริมาตรดินซึ่งสูญเสียไปจากการกัดเซาะดังกล่าวลดลงด้วย

4.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างและความลึกของการกัดเซาะเป็นร่องน้ำแบบลึก

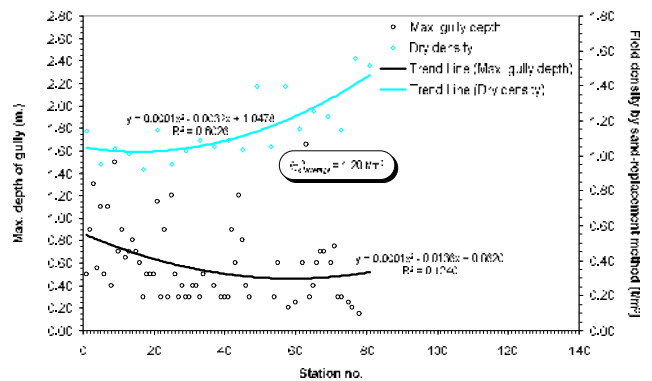
จากการวัดความลึกและความกว้างของร่องการกัดเซาะตรงตำแหน่งที่ลึกที่สุด บริเวณขอบอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ และกองดินถม จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างต่อความลึกของร่องการกัดเซาะ เป็น 1 ต่อ 0.55 ดังแสดงในรูปที่ 9 และสมการที่ 2

$$y = 0.5463x + 0.0323 \quad (2)$$

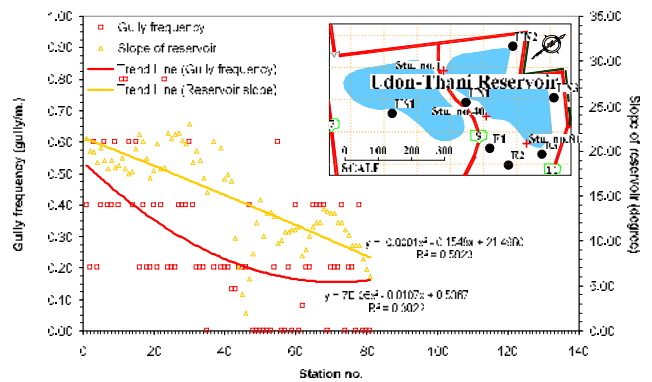
สมการที่ (2) จะไม่รวมผลของข้อมูลซึ่งเก็บจากอ่างกาฬสินธุ์ เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลน้อยและมีความแตกต่างของข้อมูลแต่ละตัวมาก ทำให้ค่าเฉลี่ยไม่ถูกต้อง



(ก) ปริมาตรดินที่สูญเสียไปจากการกัดเซาะเป็นร่องน้ำแบบลึก

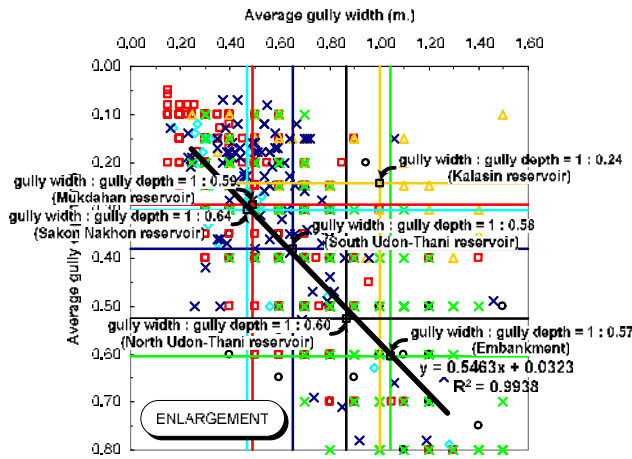


(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก gully กับความแน่นของดิน



(ค) ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ gully กับความลาดชันขอบอ่าง

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึก และความถี่ของการกัดเซาะเป็นร่องน้ำแบบลึก ความลาดชันของอ่างเก็บน้ำ และความแน่นของดินบริเวณขอบอ่าง กับปริมาตรของดินที่สูญเสียไปโดยประมาณบริเวณอ่างอุครธานีเหนือ

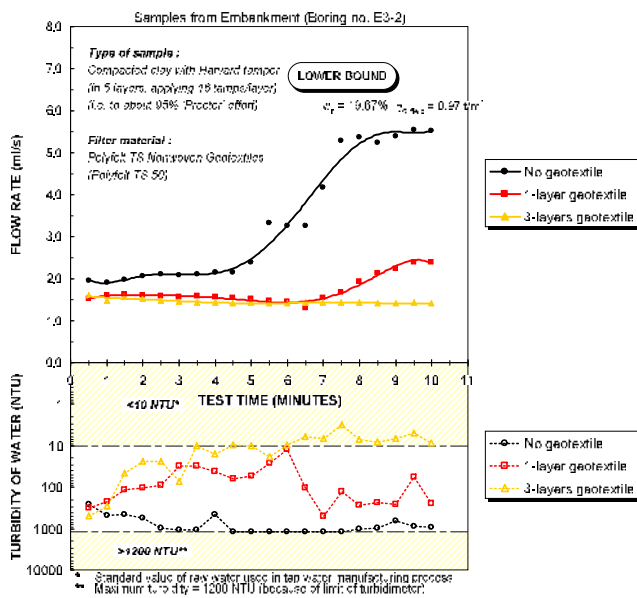


รูปที่ 9 สัดส่วนความกว้างและความลึกเฉลี่ย ของการกัดเซาะเป็นร่องน้ำแบบลึก แยกอย่างกับน้ำ

4.5 แนวทางการแก้ไขปัญหาดินกระจายตัว

4.5.1 การป้องกันการกัดเซาะผิวหน้าโดยใช้วัสดุสังเคราะห์

การทดสอบทำได้โดยบดอัดดินลงในแบบ Pinhole Test ให้มีความชื้นและความแน่นใกล้เคียงกับสภาพในสนาม (Lower bound) และในห้องปฏิบัติการ (Upper bound) แล้วปล่อยให้ น้ำไหลผ่านตัวอย่างดิน ซึ่งได้จำลองรูปร่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. เอาไว้แล้ว เช่นเดียวกับการทดสอบ Pinhole Test แต่ใช้หลอดสูงกว่า 1020 มม. เพื่อจำลองสภาพที่เกิดขึ้นจริงในสนามเมื่อมีน้ำหลากเกิดขึ้น ในงานวิจัยนี้จะใช้แผ่นใยสังเคราะห์ประเภทจีโอเท็กซ์ไทล์มาใช้เป็นวัสดุกรองก่อนที่น้ำจะไหลออกมา เปรียบเทียบกับเมื่อไม่มีวัสดุกรอง โดยพิจารณาความขุ่นและอัตราการไหลของน้ำว่าเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ความสามารถของวัสดุสังเคราะห์โพลีพลัท ที่ เอส 50 สำหรับทำหน้าที่เป็นวัสดุกรอง ของตัวอย่างดินบริเวณกองดินถม

5. บทสรุป

5.1 การจำแนกดินกระจายตัวโดยการทดสอบทางกายภาพจะให้ผลการจำแนกที่แตกต่างกัน การจำแนกโดยวิธี DHT จะให้ผลเป็นดินกระจายตัวมากกว่าการจำแนกโดยวิธีอื่น ๆ เช่น Pinhole Test ซึ่งจะให้ผลการจำแนกเป็นดินไม่กระจายตัว (ND1)

5.2 พฤติกรรมการกระจายตัวของดินเกิดจากคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี ดังนั้น การทดสอบทางเคมีจะเป็นตัวตัดสินได้เป็นอย่างดี เมื่อการทดสอบทางกายภาพให้ผลไม่ตรงกัน

5.3 การสำรวจภาคสนามเพื่อประเมินปริมาตรของดินที่สูญเสียไปจากการกัดเซาะในลักษณะของร่องน้ำแบบลึก มีส่วนสำคัญที่จะช่วยให้การจำแนกดินกระจายตัวในภาพรวมถูกต้องมากยิ่งขึ้น เมื่อมีข้อจำกัดในการเก็บตัวอย่างดินทั้งในแนวราบและแนวตั้ง

5.4 ผลการจำแนกดินกระจายตัวโดยวิธีทางกายภาพและทางเคมี ประกอบกับการสำรวจภาคสนามต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า บริเวณอ่างอุรธานีและอ่างมุกดาหาร เป็นโซนที่ดินกระจายรุนแรงกว่าในบริเวณอื่น ๆ จึงต้องระมัดระวังการนำดินบริเวณนี้ไปใช้งาน

5.5 การใช้จีโอเท็กซ์ไทล์ ที่ เอส 50 สำหรับเป็นวัสดุกรองในดินบดอัด ที่ปริมาณความชื้นและความแน่นใกล้เคียงกับสภาพในสนาม ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการกรองตะกอนที่ไหลออกมากับน้ำ แม้ว่าจะใช้แผ่นใยสังเคราะห์กรองถึง 3 ชั้นก็ตาม ซึ่งจะให้ผลแตกต่างจากการบดอัดที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม

5.6 การใช้แผ่นใยสังเคราะห์สำหรับเป็นวัสดุกรอง จะช่วยให้อัตราการไหลของน้ำค่อย ๆ ลดลง จนสม่ำเสมอ เพราะเกิด Filter cake และทำให้น้ำมีความขุ่นโดยเฉลี่ยลดลง ซึ่งจำเป็นต้องบดอัดดินให้มีความแน่นตามมาตรฐานอย่างน้อย 95 เปอร์เซ็นต์ เสียก่อน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศุภกิจ นนทนันทน์. 2543. การปรับปรุงคุณภาพดินกระจายตัวเพื่อใช้ในการงานเชื่อมดิน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย. 7-8 ธันวาคม 2543.
- [2] อร่ามศรี พัฒนโสภณ. 2541. ดินกระจายตัวในประเทศไทย. ฝ่ายดินด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน.
- [3] Emerson, W.W. 1964. A Classification of Soil Aggregate Based on Their Coherence in Water, *Australian Journal of Soil Research*, Vol.5, pp. 47-57.
- [4] Sherard, J.L., ASCE F., Dunnigan, L.P., Decker, R.S. and Steele, E.F. 1976. Pinhole Test for Identifying Dispersive Soils. *ASCE Geotechnical Division*, Vol.102, GT1, pp. 69-87.