

อิทธิพลของจำนวนรอบและระดับน้ำขึ้นลงต่อการกัดเซาะของดินกระจายตัว - การศึกษาด้วยแบบจำลองกายภาพ IMPACTS OF TIDAL CYCLE AND LEVEL ON THE EROSION OF DISPERSIVE SOILS - A PHYSICAL MODEL STUDY

กุลเดช แพนลา¹, ศุภกาญจน์ มงคลพูนเกษม¹, สุริศร์ภัส วชิรพงศ์พิชญ์¹ และ วรัช ก้องกิจกุล^{1*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย

*Corresponding author address: warat.kon@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของจำนวนรอบและระดับน้ำขึ้นลงต่อการกัดเซาะของดินกระจายตัว โดยใช้แบบจำลองกายภาพจำลองปรากฏการณ์น้ำขึ้นลงซึ่งทำให้เกิดการไหลซึมผ่านชั้นดิน ตัวอย่างดินที่ใช้ทดสอบมีทั้งหมด 4 ชนิด ซึ่งมีค่าร้อยละการกระจายตัวที่แตกต่างกันเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการกระจายตัวของตัวอย่างดิน (%D), จำนวนรอบน้ำขึ้นลง (N_c) และปริมาณอนุภาคแขวนลอยของดินในน้ำ (M) ที่อายุการออกแบบ จากผลการศึกษาพบว่า 1. เมื่อจำนวนรอบน้ำขึ้นลงเพิ่มขึ้น อนุภาคของดินจะถูกพัดพาออกมาตามจำนวนรอบด้วยอัตราที่ช้าลงจนกระทั่งอัตราคงที่ แต่ในดินกระจายตัวเมื่อจำนวนรอบยังคงเพิ่มขึ้นต่อไป อัตราการพัดพาอนุภาคของดินที่ออกมาเท่ากับจำนวนรอบจะกลับมาเพิ่มขึ้น 2. เมื่อเปรียบเทียบที่จำนวนรอบเท่ากัน ดินที่มีร้อยละการกระจายตัวมากกว่าจะมีปริมาณอนุภาคของดินที่ถูกพัดพาออกมามากกว่า และ 3. มวลของอนุภาคของดินที่ถูกพัดพาออกมามีความสัมพันธ์กับค่าร้อยละการกระจายตัวของดิน (%D) และจำนวนรอบ (N_c) ซึ่งสามารถทำนายด้วยสมการเชิงประจักษ์ที่น่าเสนอในงานวิจัยนี้

คำสำคัญ: จำนวนรอบน้ำขึ้นลง, ดินกระจายตัว, ร้อยละการกระจายตัว, อนุภาคแขวนลอย, แบบจำลองกายภาพ

Abstract

This study presents the effects of tidal cycle and level on the erosion of dispersive soils. A series of physical model tests simulating the tidal phenomenon, which leads to the soil seepage, were performed. There were four different soil types having different dispersion percentages used in the study. It was attempted to determine relationships among dispersion percentage (%D), number of tidal cycle (N_c) and mass of solid in suspension (M) at the design life. From the results of this study, the followings were found. With increasing N_c , the mass of soil particles eroded and transported by the seepage increased but with a decreasing rate. The rate became rather constant with the non-dispersion soils, but once again, rapidly increased with increasing N_c for the dispersive soil. When comparing at the same N_c , the soils with more %D value experienced more amount of particles eroded and transported by the seepage. The M value could be related with the %D and N_c as with the empirical formula proposed in this study.

Keywords: Tidal cycle, Dispersive soil, Dispersion percentage, Suspension solid, Physical model

1. บทนำ

งานก่อสร้างตลิ่งริมแม่น้ำจะมีการตรวจสอบคุณภาพของตลิ่งหลังการก่อสร้างเสร็จเป็นระยะ เมื่อทำการทดสอบกลับพบว่าทรายที่ใช้ในการก่อสร้างมีการเจือปนจากดินเดิมที่อยู่ในตลิ่ง อาจเกิดได้จากการเกิดแรงดันการไหลซึมของน้ำในดิน การสูญเสียเสถียรภาพภายในโครงสร้างในดินเนื่องจากแรงดันการไหลซึม เมื่อดินขนาดเล็กถูกพัดพาผ่านช่องว่างในดิน หากเกิดการพัดพาอนุภาคเม็ดดินอย่างต่อเนื่อง ช่องว่างจะมีขนาดใหญ่ขึ้นจนเกิดโพรงในดิน (Piping) จนส่งผลให้เกิดการขาดเสถียรภาพของตลิ่งและพังลงที่สุดในที่สุด

ปัจจุบันมีการศึกษาการป้องกันการพังทลายของตลิ่งมากมาย แต่ประเด็นการกัดเซาะในดินยังไม่เป็นที่สนใจเท่าที่ควร สาเหตุการเกิดการสูญเสียเสถียรภาพภายในโครงสร้างดินเนื่องจากแรงดันการไหลซึมจนพัฒนาเป็นโพรงในดินเกิดได้จาก 2 สาเหตุหลักคือ

โครงสร้างของเม็ดดินที่มีการกระจายตัวสูง และแรงดันการไหลซึมที่เกิดจากความแตกต่างของพลังงานรวมระหว่างด้านเหนือและท้ายน้ำ การเข้าใจถึงปรากฏการณ์นี้อาจช่วยอธิบายข้อสงสัยหลายประการเกี่ยวกับการวิบัติของที่ลาดดินที่มีการซึมของน้ำมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นการศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลองทำการศึกษาอิทธิพลของดินกระจายตัวและจำนวนรอบการเกิดน้ำขึ้น – น้ำลง ที่ส่งผลต่อการกัดเซาะในดิน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ดินกระจายตัว

มวลดินซึ่งประกอบไปด้วยอนุภาคดินเหนียวในปริมาณมากเมื่อเผชิญกับน้ำตามธรรมชาติ อนุภาคดินเหนียวจะแยกออกจากกันและกระจายตัวได้ง่าย โดยจะเกิดขึ้นเฉพาะในดินเหนียวที่มีขนาดอนุภาค

น้อยกว่า 0.005 มม. โดยการสังเกตลักษณะของดินในบริเวณก่อสร้างจะเห็นเป็นรอยแตกกระแหง มีรอยถูกกัดเซาะ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. ลักษณะภายนอกของดินกระจายตัว

2.2. การทดสอบร้อยละการกระจายตัว

ใช้วิธี Double hydrometer เป็นการทดสอบการกระจายตัวของดินโดยหาค่า Degree of dispersion ดังสมการที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างดินที่ทำการใส่สารที่ทำให้ดินกระจายตัว (Dispersing agent) และดินที่ไม่ใส่ Dispersing agent ลงไปและรบกวนด้วยวิธีทางกลน้อยที่สุด โดยใช้การทดสอบวิธีเดียวกับ Standard Hydrometer Analysis (ASTM D422-63) และมี การจำแนกชนิดของดินกระจายตัวโดยแบ่งตาม SCS Criteria ดังตารางที่ 1

$$\text{Degree of Dispersion} = \frac{\% \text{ finer than } 0.005 \text{ mm. (without dispersing agent)}}{\% \text{ finer than } 0.005 \text{ mm. (with dispersing agent)}} \quad (1)$$

ตารางที่ 1 การจำแนกดินกระจายตัวแบ่งตาม SCS Criteria (Volk, 1937)

Degree of Dispersion	Classification
0-33	Non-dispersive
34-67	Moderately-dispersive
68-100	High-dispersive

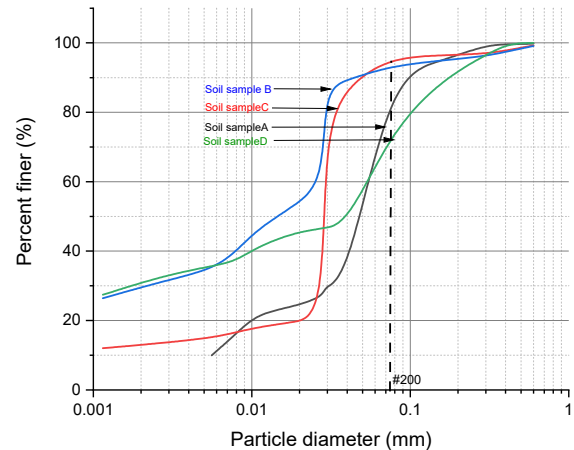
2.3. การวัดอนุภาคแขวนลอยในน้ำ

การหาอนุภาคแขวนลอยสามารถทำได้หลายวิธีแต่เครื่อง TDS เป็นเครื่องมือที่สะดวกต่อการวิเคราะห์ในแบบจำลอง เครื่อง TDS เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดสารหรือของแข็งที่ละลายเจือปนอยู่ในน้ำ โดยหลักการการทำงานของเครื่องนั้นที่ตัวเครื่องส่วนของก้านวัดจะมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วเป็นแท่งโลหะ ขั้วแท่งหนึ่งเป็นเหล็ก ขั้วอีกแท่งหนึ่งเป็นอลูมิเนียม เมื่อเปิดเครื่องใช้งานเครื่องจะปล่อยกระแสไฟฟ้า กระแสตรงออกมาในน้ำ ซึ่งถ้าในน้ำมีแร่ธาตุปะปนอยู่จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแร่ธาตุทั้งหมดที่อยู่ในน้ำ เครื่องจะคำนวณค่า

การนำไฟฟ้าของสารละลายและแปลงเป็นค่า TDS [9] โดยค่า Total Dissolved Solids (TDS) หมายถึงสารที่ละลายเจือปนอยู่ในน้ำมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

3. ดินที่ใช้ในการทดสอบและวิธีการทดสอบ

ตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการทดสอบมี 4 ชนิด มีค่าร้อยละการกระจายตัวและแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน ลักษณะเส้นโค้งการกระจายขนาดอนุภาคของดินทั้ง 4 ชนิดแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. เส้นโค้งการกระจายขนาดอนุภาคของดินทั้ง 4 ชนิดที่ใช้ในการศึกษา

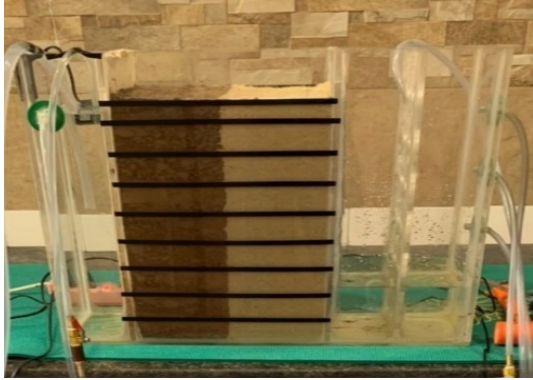
3.1. การทดสอบดินที่ใช้ในการทดสอบ

ดินที่นำมาใช้ในการทดสอบกับแบบจำลองกายภาพเป็นดินที่มีค่าร้อยละการกระจายตัว (% Dispersion) ที่แตกต่างกัน 4 ชนิด แบ่งตามแหล่งที่มาก่อนทำการทดสอบในแบบจำลองทางกายภาพ ต้องทราบถึงสมบัติพื้นฐานของดินก่อนทำการทดสอบโดยได้ทำการทดสอบดังต่อไปนี้ Gradation curve, Atterberg's limits, Specific gravity (GS), Compaction properties และร้อยละการกระจายตัวของดินตัวอย่าง ผลการทดสอบและการอภิปรายจะอธิบายทีหลังในหัวข้อที่ 4

3.2. วิธีการสร้างแบบจำลอง

ในแบบจำลองติดตั้งด้วยกล่องอะคริลิกใส ขนาด 20x60x50 cm. แบ่งเป็น 3 ส่วน ส่วนน้ำขาเข้า ดินกับทราย และส่วนน้ำขาออก ดังแสดงในรูปที่ 3 ส่วนดินกับทรายเป็นการจำลองดินเดิมกับทรายถมด้านหลังกำแพงป้องกันคลื่นแม่น้ำ ดังนั้นเมื่อน้ำขึ้นน้ำลงก็จะไหลเข้าผ่านชั้นทรายแล้วจึงไหลเข้าไปในดินเดิม เมื่อน้ำลงน้ำก็จะไหลออกมาจากดินเดิมและผ่านชั้นทรายและไหลลงไปในแม่น้ำและอาจดึงให้อนุภาคดินไหลออกมาตามกันมาด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดเซาะได้ ปิมน้ำสูบน้ำเข้าในแบบจำลอง โดยระบบน้ำขาเข้าถูกควบคุมด้วยวาล์วเพื่อรักษาระดับจากนั้น น้ำจะไหลซึมผ่านดินและทราย

ตามลำดับ และการไหลออกไปยังด้านท้ายกล่อง โดยระดับน้ำด้านท้ายกล่องจะแบ่งเป็น 2 ระดับคือ น้ำขึ้นและน้ำลง ควบคุมด้วยแผนวงจรเวลาควบคุมการเปิดปิด ป้อนน้ำขาออก และโซลินอยด์วาล์วตั้งแสดงในรูปแบบที่ 4 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้น - น้ำลงทุก 1 ชั่วโมง



รูปที่ 3. แบบจำลองทางกายภาพ



รูปที่ 4. แผงวงจรควบคุมเวลา

3.3. กรณีศึกษาที่นำมาพิจารณาในการทดลอง

ในการทดลองนี้ จะทำการทดสอบดินทั้งหมด 4 ตัวอย่าง โดยพิจารณาจากระดับน้ำขาออกกระบอกที่ 100 mm ถึง 300 mm โดยมีกรณีศึกษาที่พิจารณาดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายการระดับน้ำที่ต้องการพิจารณา

กรณี	ชื่อการทดสอบ	ดิน	ระดับน้ำ (mm)	
			ขาเข้า	ขาออก
1	A-U400-D100-300	A	400	100-300
2	B-U400-D100-300	B	400	100-300
3	C-U400-D100-300	C	400	100-300
4	D-U400-D100-300	D	400	100-300

3.4. ขั้นตอนการทดสอบ

การบรรจุดินและทรายลงในแบบจำลองทำโดยการแบ่งใส่เป็นชั้น ๆ จำนวน 8 ชั้น แต่ละชั้นมีความหนา 5 ซม. จากนั้นจึงขุดอัดวัสดุแต่ละชั้นด้วยวิธี Wet tamping โดยควบคุมค่าปริมาตรน้ำและความหนาแน่นแห้งของวัสดุแต่ละชนิดให้เท่ากับค่าปริมาตรน้ำที่

เหมาะสมและความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐาน จากนั้นจึงเริ่มทำการป้อนน้ำเข้าสู่แบบจำลองและรักษาระดับน้ำขาเข้า ทำการตั้งเวลาแผงวงจรเพื่อควบคุมเวลาในการเปิดและปิดของโซลินอยด์วาล์วและป้อนน้ำในฝั่งระดับน้ำขาออก บันทึกค่า TDS ที่ได้จาก TDS meter โดยอ่านค่าทุก ๆ ชั่วโมงตามเวลาที่กำหนดในแผนการทดลอง โดยสามารถอ่านค่าจากกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งเอาไว้ เมื่อครบกำหนดการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ที่ 72 ชั่วโมงสามารถทำการเปลี่ยนชนิดของดินและบดอัดดินและทรายใหม่อีกครั้งเพื่อทำการทดลองของดินแต่ละชนิดตามที่ระบุ

3.5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำได้โดยการต่อขยายเส้นโค้ง (Extrapolation) ความสัมพันธ์ระหว่าง Mass of solids in suspension กับจำนวนรอบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้นน้ำลง (N_c) ที่อายุการออกแบบ และความสัมพันธ์ของ Mass of solids in suspension กับร้อยละการกระจายตัวที่อายุการออกแบบ 1 ปี และหาความสัมพันธ์ในรูปแบบ $M = F(N_c, \%Dispersion)$

4. ผลการทดสอบและอภิปรายผลการทดสอบ

4.1. สมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินที่นำมาใช้

ดินที่นำมาใช้เป็นดินที่มีร้อยละการกระจายตัวแตกต่างกัน 4 ชนิด แบ่งตามแหล่งที่มาดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ชื่อและแหล่งที่มาของดินตัวอย่าง

ชื่อ	แหล่งที่มา	ดิน
A	บ่อก้านันแก้ว อำเภอเมือง จังหวัด ลำพูน	CL
B	อำเภอดอนตาล จังหวัด มุกดาหาร	ML
C	อำเภอเมือง จังหวัด มุกดาหาร	CL-ML
D	บ่อบ้านกลาง อำเภอเมือง จังหวัด ลำพูน	CL

สมบัติพื้นฐานของดินตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4 ได้ทำการทดสอบการหาความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity), การทดสอบการบดอัด (Compaction) และการทดสอบการกระจายตัวของดินโดยวิธี Double Hydrometer

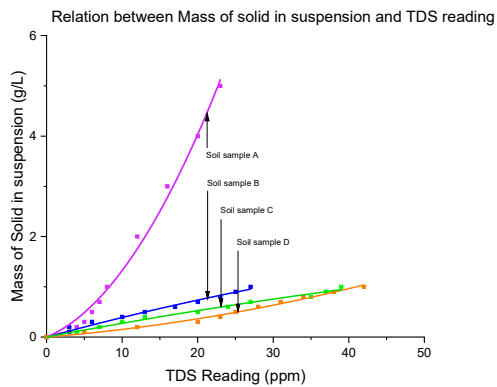
ตารางที่ 4 สมบัติพื้นฐานของดินตัวอย่าง

สมบัติ	ทราย	A	B	C	D
Gs	2.484	2.633	2.646	2.588	2.710
ρ_d	1.530	1.350	1.620	1.942	1.832
OMC (%)	21	32	18.5	11.2	15
%Dispersion	N/A	45	20	14.28	7.14

เมื่อพิจารณาค่าร้อยละการกระจายตัวสามารถจำแนกชนิดดินได้แบ่งตาม SCS Criteria (Volk, 1937) ได้เป็น 2 ชนิดคือ ดิน A จากบ่อก้านั้นแก้วมีค่าร้อยละการกระจายตัวเท่ากับ 45.0 ซึ่งมีค่ามากกว่า 33 แต่ไม่เกิน 67 จึงจัดเป็นดินที่มีการกระจายตัวปานกลาง สำหรับดินอีกสามชนิด ได้แก่ B , C และ D มีค่าร้อยละการกระจายตัวน้อยกว่า 33 จึงเป็นดินที่ไม่มีการกระจายตัว

4.2. ความสัมพันธ์ระหว่าง MASS OF SOLID IN SUSPENSION กับ TDS READING ในน้ำปริมาตร 1 ลิตร

การสร้างเส้นโค้งความสัมพันธ์มีจุดประสงค์เพื่อใช้หาค่า Mass of solid in suspension ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองทางกายภาพของดินแต่ละชนิด โดยหาได้จาก TDS ที่จะอ่านได้เทียบกับเส้นโค้งความสัมพันธ์ จะได้ค่า Mass of solid in suspension ในหน่วย g/L ได้เส้นโค้งความสัมพันธ์ของดินตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 5

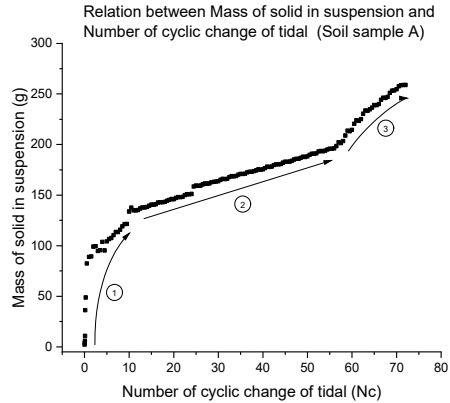


รูปที่ 5. เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่าง Mass of solid in suspension กับ TSD reading ในน้ำปริมาตร 1 ลิตร ของตัวอย่างดินทั้ง 4 ชนิด

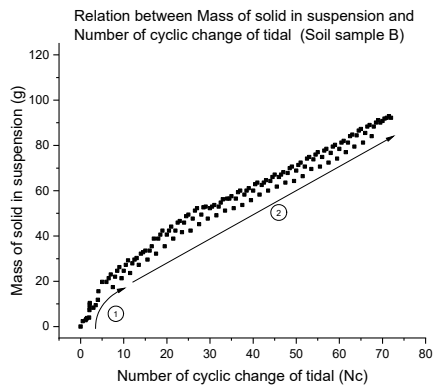
เมื่อทำการเพิ่มปริมาณมวลดิน ค่า TDS reading ที่อ่านได้ มีทิศทางที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันกัน ที่มีพฤติกรรมเช่นนี้เพราะการเติมปริมาณดินลงไปใต้น้ำ ปริมาณแร่ธาตุหรืออนุภาคที่อยู่ในดินกระจายตัวเป็นอนุภาคแขวนลอยที่เกิดขึ้นในน้ำ TDS Meter ใช้ในการวัดค่าอนุภาคแขวนลอยที่ละลายจึงวัดค่าได้เพิ่มมากขึ้น และ TDS Meter ใช้ในการวัดค่าอนุภาคแขวนลอยที่ละลายน้ำ ไม่ได้วัดปริมาณดินโดยตรงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณดิน กราฟความสัมพันธ์ที่ได้จึงเป็นเส้นโค้งพาราโบลา และประกอบกับดินแต่ละชนิดมีแร่ธาตุที่แตกต่างกันไป ทำให้การสร้างเส้นโค้งความสัมพันธ์เป็นการสร้างเพื่อใช้กับดินชนิดใดชนิดหนึ่งไม่สามารถใช้ร่วมกันและหาค่าเฉลี่ยได้

4.3. ความสัมพันธ์ระหว่าง MASS OF SOLID IN SUSPENSION กับ จำนวนรอบการเกิดน้ำขึ้น-น้ำลง ที่ 72 ชั่วโมง

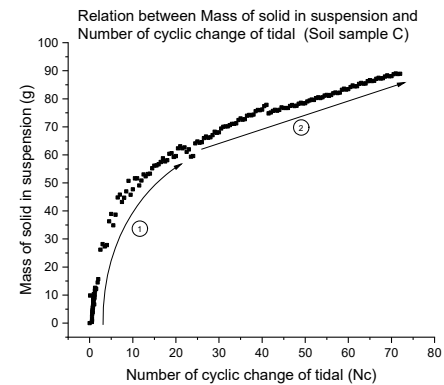
การทดสอบในแบบจำลองทางกายภาพเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณอนุภาคดินแขวนลอยในน้ำในหน่วยกรัม (g) กับจำนวนรอบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้น-น้ำลง (N_c) ของดินตัวอย่าง A , B, C และ D จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 6



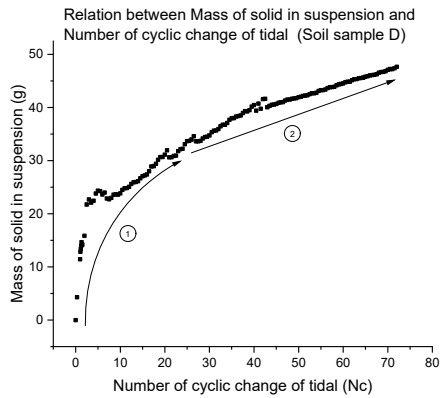
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 6. ความสัมพันธ์ระหว่าง Mass of solid in suspension (g) กับ จำนวนรอบการเกิด น้ำขึ้น-น้ำลง (N_c) ของ ก) ตัวอย่างดิน A, ข) ตัวอย่างดิน B, ค) ตัวอย่างดิน C และ ง) ตัวอย่างดิน D

เมื่อทำการพิจารณาลักษณะของกราฟความสัมพันธ์สามารถอธิบายพฤติกรรมของเส้นโค้งความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

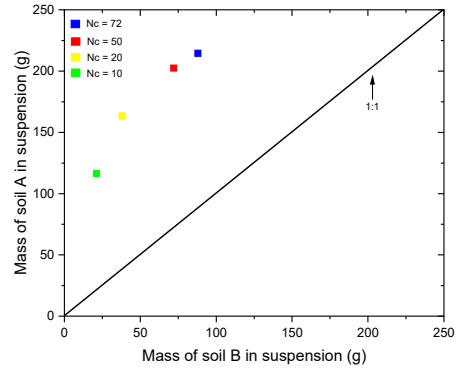
1. ดินกระจายตัวเมื่อมีการเพิ่มจำนวนรอบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้นน้ำลง จากความสัมพันธ์จะแบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 3 ช่วง อนุภาคของดินจะถูกพัดพาออกมาอย่างรวดเร็ว และค่อยๆ ซ้ำลงจนอนุภาคดินถูกพัดพาออกมาด้วยอัตราที่คงที่ เมื่อเกิดการสูญเสียเม็ดดินอย่างต่อเนื่องเม็ดดินบริเวณรอบช่องว่างที่กว้างขึ้นจะหลวมและจะถูกพัดพาออกมาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดเป็นโพรง (Piping) ดังแสดงในรูปที่ 6(ก)

2. ดินที่ไม่มีสมบัติการกระจายตัวเมื่อมีการเพิ่มจำนวนรอบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้นน้ำลง จากความสัมพันธ์จะแบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 2 ช่วง อนุภาคของดินจะถูกพัดพาออกมาอย่างรวดเร็ว และค่อยๆ ซ้ำลงจนอนุภาคดินถูกพัดพาออกมาด้วยอัตราที่คงที่ แต่จะไม่เกิดพฤติกรรมการเกิดโพรงในดินขึ้นอิทธิพลของจำนวนรอบการเกิดน้ำขึ้น - น้ำลงเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอต่อการเกิดโพรงในดินได้ ดังแสดงในรูปที่ 6(ข), 6(ค) และ 6(ง)

4.4. การเปรียบเทียบอนุภาคดินแขวนลอยของดิน ตัวอย่าง A และ B

มีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาอิทธิพลของดินที่มีลักษณะการกระจายตัวที่ต่างกัน เมื่อทำการเพิ่มจำนวนรอบการเกิดน้ำขึ้น - น้ำลง (N_c) ปริมาณอนุภาคดินแขวนลอยของดินในน้ำของทั้งสองตัวอย่างเพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ตัวอย่างดิน A ที่มีค่าร้อยละการกระจายตัวที่สูงกว่ามีปริมาณอนุภาคดินแขวนลอยที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงมากกว่าตัวอย่างดิน B เนื่องจาก A มีสมบัติการกระจายตัวที่มากกว่าตัวอย่างดิน B ทำให้อนุภาคของตัวอย่างดิน A แยกออกจากกันกระจายตัวออกได้ง่ายและถูกน้ำพัด

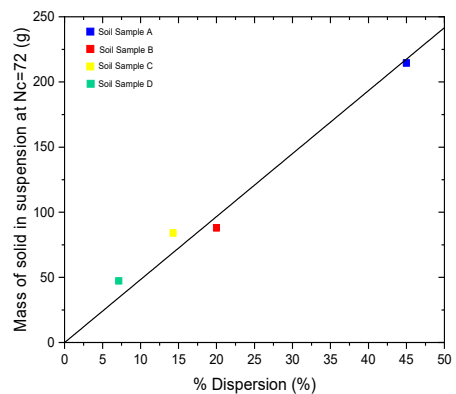
พาไปได้ง่ายกว่าตัวอย่างดิน B ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7. การเปรียบเทียบอนุภาคของดินแขวนลอยของดิน ตัวอย่าง A และ B ที่จำนวนรอบน้ำขึ้น-น้ำลงต่างๆ

4.5. เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคดินแขวนลอยในน้ำ (G) กับร้อยละการกระจายตัว

เพื่อศึกษาอิทธิพลของร้อยละการกระจายตัว (%) ที่มีผลต่ออนุภาคดินแขวนลอยที่ถูกพัดพาออกมาโดยทำการพิจารณาที่ N_c เท่ากับ 72 รอบ โดยดินที่มีค่าร้อยละการกระจายตัวมาก จะมีค่าปริมาณอนุภาคดินแขวนลอยในน้ำที่ถูกพัดพามากขึ้นด้วยเช่นกัน เพราะ ดินที่มีร้อยละการกระจายตัวมากจะมีความสามารถในการกระจายตัวออกจากกันได้ง่ายกว่า เมื่อน้ำไหลผ่านอนุภาคของดินก็จะถูกพัดพาได้ง่าย ส่งผลให้ปริมาณอนุภาคดินแขวนลอยในน้ำมากขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 8

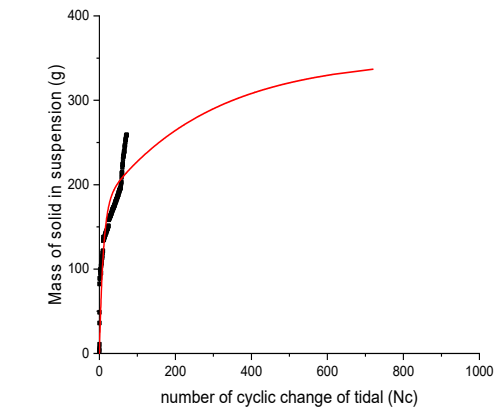


รูปที่ 8. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคดินแขวนลอยในน้ำ (g) กับร้อยละการกระจายตัว (%) ของตัวอย่างดิน A, B, C และ D ที่ $N_c = 72$ รอบ

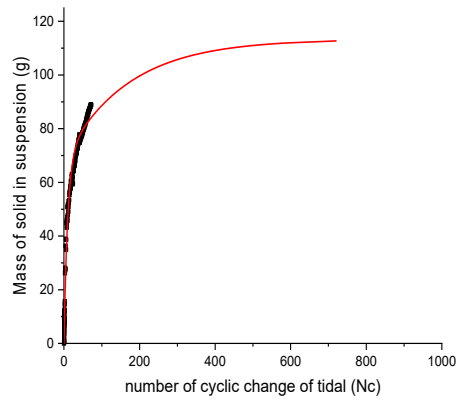
4.6. การต่อขยายเส้นโค้ง (EXTRAPOLATION)

ความสัมพันธ์ระหว่าง MASS OF SOLIDS IN SUSPENSION กับจำนวนรอบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้นน้ำลง (N_c) ที่อายุการออกแบบ

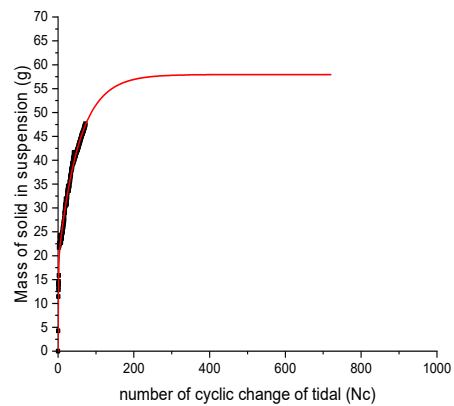
เพื่อคาดการณ์แนวโน้มของผลการทดลองในอนาคตที่อายุการออกแบบตามที่คุณทดสอบต้องการที่จะวิเคราะห์ผล เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากปริมาณอนุภาคของดินแขวนลอยที่ถูกแรงดันการไหลพัดพาที่อายุการออกแบบโดยใช้อายุการออกแบบที่ 1 ปี หรือเท่ากับ 720 รอบ การต่อขยายเส้นโค้งทำโดยการวิเคราะห์การถดถอยไม่เชิงเส้นด้วยฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการต่อขยายเส้นโค้งของทั้ง 4 ตัวอย่างดิน A, B, C และ D แสดงดังรูปที่ 9



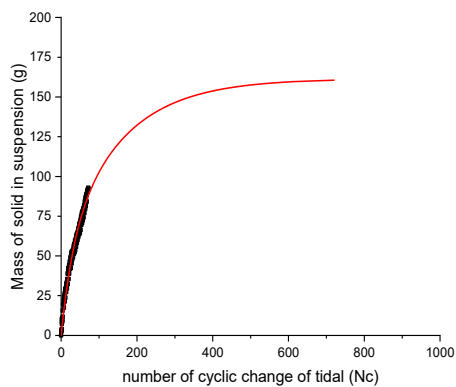
(ก)



(ค)



(ง)



(ข)

รูปที่ 9. ความสัมพันธ์ของ Mass of solid and suspension กับจำนวนรอบการเกิดน้ำขึ้น-น้ำลง (N_c) ที่อายุการออกแบบ 1 ปี ก) ตัวอย่างดิน A, ข) ตัวอย่างดิน B, ค) ตัวอย่างดิน C และ ง) ตัวอย่างดิน D

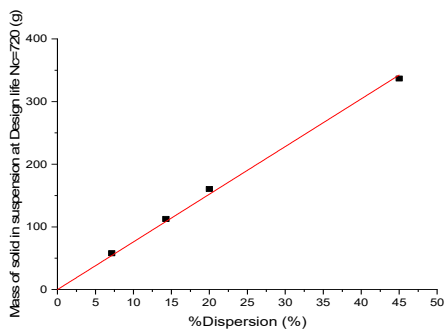
เมื่อทำการพิจารณาลักษณะของกราฟความสัมพันธ์สามารถอธิบายพฤติกรรมของเส้นโค้งความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

1. ลักษณะของเส้นโค้งความสัมพันธ์ มีรูปร่างและลักษณะที่คล้ายกันคือ เป็นเส้นโค้งที่ในช่วงต้นจะชันขึ้นไป และค่อยๆ ที่จะลูกลงชานกับแกน X หนึ่ง พฤติกรรมดังกล่าวนี้ได้รับอิทธิพลจากลักษณะเส้นโค้งของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่เลือกใช้ในการต่อขยายเส้นโค้ง

2. ในช่วงต้นเส้นโค้งความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและช้าลงเมื่อการพัดพาอนุภาคเม็ดดินอันเนื่องมาจากแรงดันการไหลซีมีมาถึงจุดที่อนุภาคเม็ดดินค่อย ๆ หลุดออกมาอย่างช้า ๆ และในที่สุดก็ไม่มีอนุภาคเม็ดดินหลุดออกมาแล้ว เส้นโค้งที่ออกมาจึงมีลักษณะค่อยๆ ลู่ลงและชานกับแกน X ในที่สุด

4.7. ความสัมพันธ์ของ MASS OF SOLIDS IN SUSPENSION กับ ร้อยละการกระจายตัว ที่อายุการออกแบบ 1 ปี

เพื่อศึกษาอิทธิพลของร้อยละการกระจายตัว (%) ที่มีผลต่ออนุภาคดินแขวนลอยที่ถูกพัดพาออกมาโดยทำการพิจารณาที่ $N_c = 720$ รอบ ได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 10 จากความสัมพันธ์สามารถอธิบายได้ว่าคุณสมบัติการกระจายตัวของดินโดยพิจารณาจากร้อยละการกระจายตัวของดิน มีอิทธิพลต่อการเกิดปริมาณอนุภาคดินแขวนลอยที่ถูกพัดพาออกมา ในทิศทางเดียวกันที่มีค่าร้อยละการกระจายตัวมาก จะมีค่าปริมาณอนุภาคดินแขวนลอยในน้ำที่ถูกพัดพามาก



รูปที่ 10. ความสัมพันธ์ของ Mass of solid and suspension กับ ร้อยละการกระจายตัวที่อายุการออกแบบ 1 ปี

4.8. ความสัมพันธ์ในรูปแบบ

$$M = F(N_c, \%Dispersion)$$

เมื่อทำการสร้างสมการความสัมพันธ์จะได้สมการความสัมพันธ์ในรูปแบบ $M = F(N_c, \%Dispersion)$ ตามสมการที่ 2

$$M = 0.256 + 0.788D + 0.838N_c + 0.048D^2 - 0.001N_c^2 + 0.006DN_c \quad (2)$$

โดยที่ M คือ ปริมาณอนุภาคดินแขวนลอย
D คือ ร้อยละการกระจายตัว
 N_c คือ จำนวนรอบการเกิดน้ำขึ้น-น้ำลง

5. สรุปผลการทดสอบ

ผลการศึกษสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การสร้างเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่าง Mass of solid in suspension กับ TDS reading ในน้ำปริมาตร 1 ลิตรเมื่อเพิ่มค่า Mass of solid in suspension ค่า TDS reading มีทิศทางที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน กราฟความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้งพาราโบลา โดย การสร้างกราฟความสัมพันธ์ใช้กับดินชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้นไม่สามารถนำมาใช้ร่วมกันหรือหาค่าเฉลี่ยได้

2. อิทธิพลของจำนวนรอบการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการเกิดโพรงในดินได้ ต้องมีอิทธิพลของดินกระจายตัว

ด้วย

3. การเพิ่มจำนวนรอบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้เกิดเป็นแรงดันการไหลซึมกระทำกับอนุภาคอย่างสม่ำเสมอ อนุภาคดินที่ไม่สามารถต้านทานพลังงานจากแรงดันการไหลซึมได้จะถูกพัดพาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นอิทธิพลหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดโพรงในดิน

4. ดินที่มีร้อยละการกระจายตัวมาก จะมีความสามารถในการกระจายตัวออกจากกันได้ง่ายกว่า เมื่อน้ำไหลผ่าน อนุภาคของดินจะถูกพัดพาได้ง่าย เป็นอิทธิพลหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดโพรงในดิน

5.1. ข้อเสนอแนะ

เพื่อการพัฒนาและปรับปรุงเพิ่มเติมสามารถทำได้ดังนี้

1. เพิ่มขอบเขตการทดสอบโดยการศึกษาความแตกต่างของระดับพลังงาน (ΔH) ที่มีผลต่อการเกิดโพรงในดิน
2. วิเคราะห์สามารถทำการหาอนุภาคดินที่เจือปนในทรายโดยจะทำการจำแนกชนิดของทรายก่อนและหลังการทดลอง
3. การศึกษาอิทธิพลของดินกระจายตัวที่มีผลต่อการเกิดโพรงในดิน ควรศึกษาดินที่เป็นดินกระจายตัวรุนแรงมีค่าร้อยละการกระจายตัวมากกว่า 68 เพื่อเห็นอิทธิพลได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

6. การอ้างอิง

- [1] ASTM D1140. *Standard Test Methods for Determining the Amount of Material Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Soils by Washing*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [2] ASTM D2434. *Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [3] ASTM D2487. *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [4] ASTM D422. *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [5] ASTM D4318-17e1, *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [6] ASTM D698. *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))*, ASTM International, West Conshohocken, PA.

- [7] ASTM D854. *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [8] Department of Risk and Disaster Management (2017). *Soil Piping*, www.drddm.gov.sc/soil-piping/
- [9] Oram, B. (2014). Water Testing Total Dissolved Solids Drinking Water Quality, <https://water-research.net/index.php/water-treatment/tools/total-dissolved-solids>
- [10] Volk, G.M. (1937). Method of determination of degree of dispersion of the clay fraction of soil, *Proceedings Soil Science Society of America*, 2, pp .561-567.
- [11] ชัยยุทธ ชินณะราศรี. (2556). กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยวิศวกรรมและการจัดการน้ำ (วาริ) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [12] นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์ (2561). อุทกวิทยา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [13] พรชัย แสงอังคมาลี (2554). ดินกระจายตัว. กรมชลประทาน.
- [14] สถาพร คูวิจิตรจรรู (2542). ปฐพีกลศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไรปรารี นาย พับลิชชิ่ง.
- [15] อติเทพ ศรีคงศรี (2556). เสถียรภาพต่อการกัดเซาะภายในโครงสร้างมวลดิน : หัวข้อแนะนำให้เพิ่มในตำราวิชาปฐพีกลศาสตร์ วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 3(2), 119-129.