

การศึกษาการใช้แผ่นใยสังเคราะห์ Geotextile เป็นวัสดุกรอง ในเขื่อนดินที่สร้างด้วยดินกระจายตัว

Geotextile Filter Studies on Dispersive Clay Used for Earth Dam Construction

อร่ามศรี พัฒนโสภณ และ สมบูรณ์ มั่นความดี¹

Aramsri Phathanasobhon and Somboon Munkuamdee

ABSTRACT

Research was conducted to evaluate the filtration performance of geotextile in the earth dam constructed with dispersive soils, in order to seek for a method of preventing sinkhole, piping and failure of the earth dam caused by sodium dispersive clay. The test was done by compacting fine grain soils in the mold and water was caused to flow through a small hole punched in a specimen, then discharged through the geotextile placed adjacent to the specimen as a filter. The volume of effluent was recorded while the colour of water was observed, and then flow rates were calculated. The result showed that, at the first interval, the effluent was visibly cloudy indicating the dispersive clay eroded by water, later the effluent became clearer with time and completely clear at last. The rate of flow at the beginning was rather fast and became slower gradually and was almost stable at last. The results indicated that the dispersive clay particles eroded by water were accumulated at the surface of geotextile and gradually formed complex structure which resulted in decreasing in flow rate. When the complex structure was completed, the rate of flow became stable. At the end of the successive flow tests, the apparatus was dismantled and the specimen was extruded and broken to examine the size of the hole. The test result showed that some clay particle filled in the hole and some attached to the surface of geotextile acting as the filter for dispersive clay. The test results also showed that, with different pore size of geotextile, the rate of flow would be different only during the first week, later the rate of flow was nearly the same, and after 29 days from the beginning the rate of flow was rather stable.

บทคัดย่อ

จากการศึกษาวิจัยและทดลองการใช้แผ่นใยสังเคราะห์ geotextile ขนาดรูพรุน (pore size) ต่าง ๆ กันเป็นวัสดุกรอง (filter) ในเขื่อนดินที่ใช้ dispersive soils ในการก่อสร้าง เพื่อหาวิธีป้องกันการเกิด sinkhole ภายในเขื่อนดินอันเนื่องมาจากการกระจายตัวของ sodium dispersive clay ทำการทดลองด้วยการบดอัดดิน dispersive ใน mold

เล็ก ๆ ที่ความแน่นและความชื้นตามมาตรฐานวิศวกรรม แล้วเจาะรูขนาดเล็ก ๆ ปลอ่ยให้น้ำไหลผ่านที่ head ของน้ำต่าง ๆ กันตามที่กำหนด และใช้แผ่น geotextile เป็น filter ก่อนปลอ่ยน้ำออกมา พบว่าในช่วงระยะเวลาแรก ๆ ที่ผ่านน้ำเข้าไป น้ำที่ไหลผ่านออกมามีลักษณะขุ่น เป็น colloid ซึ่งแสดงว่าดิน dispersive clay ถูกชะ (erode) ลงมากับน้ำด้วย ต่อมาน้ำจะค่อย ๆ ใสขึ้น ๆ จนในที่สุดใสสะอาด

¹ กองวิจัยและทดลอง กรมชลประทาน

Research & Laboratory Division, Royal Irrigation Dept., Pakret, Nonthaburi 11120, Thailand.

(completely clear) ไม่มีอนุภาคของ colloid ถูกกักเซาะออกมาด้วย ขณะเดียวกันได้บันทึกอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านออกมาด้วย พบว่าอัตราการไหลของน้ำในระยะแรก ๆ ค่อนข้างเร็ว และค่อย ๆ ช้าลง ๆ จนในที่สุดอัตราการไหลของน้ำค่อนข้างคงที่ และเป็นเช่นนี้ตลอดเวลา แสดงว่าอนุภาคดิน dispersive ที่ถูกกักเซาะมากับน้ำ ได้ไปสะสมอยู่บนแผ่น geotextile แล้วค่อย ๆ เกิดโครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้น ทำให้อัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่น geotextile ได้น้อยลง และต่อมาโครงสร้างของดินบนแผ่น geotextile เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์มากขึ้น ทำให้อัตราการไหลของน้ำที่ซึมผ่านโครงสร้างของดินดังกล่าวลดลงจนกระทั่งคงที่ตลอดเวลาของการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ได้นำตัวอย่างดินที่บดอัดไว้ใน mold มาผ่าดู พบว่า อนุภาคดินส่วนหนึ่งได้ไปสะสมอยู่ในรูที่เจาะไว้ และส่วนหนึ่งสะสมอยู่ที่ผิวของแผ่น geotextile เป็นวัสดุกรองดิน dispersive ไม่ให้ไหลลอดออกไปได้ นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของ pore size ของ geotextile มีผลต่ออัตราการไหลซึมของน้ำเพียงในช่วงระยะสัปดาห์แรกเท่านั้น หลังจากนั้นอัตราการไหลของน้ำผ่านแผ่น geotextile ขนาด pore size ต่าง ๆ กันเกือบใกล้เคียงกัน และหลังจาก 29 วันไปแล้ว อัตราการไหลของน้ำเกือบคงที่

คำนำ

ในเรื่องดินกระจายตัว น้ำที่ซึมผ่านดินที่มีการกระจายตัวจะค่อย ๆ ชะล้างและพัดพาอนุภาคดินเหนียวออกไปจากโครงสร้างเดิมของดิน ทำให้เขื่อนหรือทำนบดิน อ่างเก็บน้ำ หรืออาคารชลประทานที่เป็นดิน เกิดเป็นรู เป็นโพรง รั่วซึม และพังเสียหายได้ โดยเฉพาะในกรณีที่เกิดรอยร้าว (crack) เล็ก ๆ ที่ผิวหน้าดิน เมื่อฝนตก น้ำจะซึมลงไปตามรอยร้าวเล็ก ๆ พัดพาเอาอนุภาคดินเหนียวไปกับน้ำได้ง่าย เพราะดินกระจายตัวนั้นอนุภาคดินเหนียวมีการฟุ้ง

กระจาย (disperse) ได้ง่ายและรวดเร็วมาก (Sherard *et al.*, 1977) ในระหว่างปี 1981-1983 ห้องทดลองของ Soil Conservation Service, Midwest National Technical Center, U.S. Dept. of Agriculture, Lincoln, Nebraska, USA. ได้ทำการวิจัยเพื่อหาวิธีป้องกันความเสียหายดังกล่าวโดยใช้วัสดุจำพวกกรวด ทราย เป็นวัสดุกรองเพื่อป้องกันการรั่วซึม พบว่าสามารถใช้กรวด ทราย เป็นวัสดุกรองได้ แต่บางครั้งอาจพบปัญหาเรื่องการอุดตันได้ (Sherard, 1983)

ในช่วงเวลา 10 กว่าปีที่ผ่านมา ผลิตภัณฑ์แผ่นใยสังเคราะห์ geotextile ได้มีบทบาทเป็นอย่างมากในงานออกแบบทางวิศวกรรม และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ เช่นงานระบายน้ำได้ผิวดิน การป้องกันการกัดเซาะฝั่งของแม่น้ำ ลำคลอง ตลอดจนจนทะเล งานถมวัสดุเพื่อสร้างที่ดินในทะเล การสร้างเสถียรภาพให้แก่พื้นที่บริเวณที่ต้องการบดอัด (area stabilization) ใช้กับงานสร้างถนน งานสร้างทางรถไฟ เป็นต้น จากคุณสมบัติของแผ่นใยสังเคราะห์ geotextile ซึ่งใช้งานอย่างกว้างขวางนี้เองจึงได้ดำเนินการทดลองใช้แผ่นวัสดุพรม geotextile ซึ่งมีขนาดของรูพรมต่าง ๆ กันมาทดลองใช้เป็นวัสดุกรองกับดินกระจายตัว โดยใช้ geotextile No. 700, 1000, 1500, 2000 และ 3000 โดยเบอร์ต่ำ ๆ จะมีขนาดช่องว่างใหญ่ และเบอร์สูง ๆ จะมีขนาดของช่องว่างเล็กแต่มีความหนาแน่นมากกว่าเบอร์ต่ำ ๆ คุณสมบัติของ geotextile แสดงอยู่ใน Table 3

แผ่น geotextile ทำมาจาก polypropylene และ polyethylene ที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม สารเคมี กรด ด่าง และจุลินทรีย์ และหนูไม่กินเป็นอาหาร ไม่สลายตัวตามธรรมชาติจึงคงทนถาวร

งานทดลองใช้ดินชุดพิมาย (Phimai Series) ซึ่งเป็นดินเนื้อละเอียด พบเป็นบริเวณกว้างโดยเฉพาะในเขต อ. พิมาย จ. นครราชสีมา และจะทดลองกับดินชุดอื่น ๆ เพื่อหาข้อมูลสำหรับดินที่มี

ลักษณะแตกต่างกันออกไป เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน
ให้ผู้เกี่ยวข้องนำไปพิจารณาใช้งานอย่างเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ดินชุดพิมาย (Phimai series) เก็บตัวอย่าง
ดินจากอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา คุณสมบัติ
ทางกายภาพและเคมีของดินชุดนี้ อยู่ใน Table 1
และ 2

2. เครื่องมือทดสอบ Pinhole Test ประกอบ
จากต้นแบบเดิมของ Sherard (1976) โดยแก้ไขปรับ-
ปรุงบางส่วนโดยผู้วิจัย

3. น้ำกลั่น

4. แผ่น Geotextile ชนิด Thermally-bonded
nonwovens No. 700, 1000, 1500, 2000 และ 3000
นำมาตัดเป็นวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.89 ซม.

5. กาว silicone หรือวัสดุที่จะกันไม่ให้น้ำ
ไหลผ่านแผ่น Geotextile ออกทางด้านข้างของ
กระบอกพลาสติก

Table 1 Physical properties of soil sample (Phimai series).

Soil sample	Pinhole test	D - T ratio	Crumb test (grade)	Degree of dispersion	% Soil separates		
					Sand 2 - 0.074 mm	Silt 0.074 - 0.005mm	Clay <0.005 mm
Phimai Series	ND4	1	4	74	34.0	23.5	42.5

Table 2 Chemical properties of soil sample (Phimai series).

Soil sample	p H paste	ECx10 ³ of saturation extract	Soluble cations (meq/l)			% Na	SAR	CEC meq/100g	ESP
			Ca + Mg	Na	K				
Phimai Series	7.5	0.88	0.5	7.9	0.05	93	16	27	17

Table 3 Physical properties of Geotextile.

Physical properties	Geotextile No.				
	700	1000	1500	2000	3000
Water flow l/ m ² /sec (100 mm.head)	80	50	35	33	30
Pore Size (µm.)					
90% summation	180	100	60	50	40
50% summation	120	70	40	30	20
Thickness (mm.)	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2
Weight (g/m ²)	100	140	190	240	280

วิธีการ

1. นำดินชุดพินาย เก็บที่ความลึกต่าง ๆ กัน มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วทุบด้วยก้อนขางนําร้อน ผ่านตะแกรง No. 10

2. นำดินที่ร้อนผ่านตะแกรง No. 10 มาผสม กับน้ำกลั่น นวดคลุกเคล้าจนกระทั่งมีความชื้นใกล้เคียงค่า plastic limit แล้วนำไปบดอัดใน mold เหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.4 ซม. ยาว 3.8 ซม. ให้มีความแน่นมากกว่า 95% ของ Standard Proctor Compaction Test

3. นำดินที่บดอัดใน mold มาบรรจุลงใน ครอบพลาสติกใส นำ nipple อัดลงบนตัวอย่าง ดินด้านนี้จะเป็นด้านที่ปล่อยน้ำกลั่นไหลเข้า แล้วเจาะรูผ่าน nipple ด้วยเข็มขนาด ϕ 1.6 มม. อีก ด้านหนึ่งของตัวอย่างดินที่บดอัดนี้ใส่วงแหวนทอง เหลืองที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5.68 ซม. แล้ว จึงใส่แผ่น geotextile ตามลงไป (Figure 1) ใช้กาว Silicone หรือวัสดุที่กันไม่ให้นํารั่วออกด้านข้าง ผืนีระหว่างแผ่น geotextile และครอบพลาสติก

4. บรรจุกรวดกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 5-7 มม. ลงด้านน้ำเข้าและด้านน้ำออก ประกอบเครื่องมือทดลองดัง Figure 2

5. ปล่อยน้ำกลั่นที่มี head คงที่ (40 นิ้ว หรือ 102 ซม.) เข้ามายังตัวอย่างดิน พร้อมทั้งจับ เวลาเริ่มต้นการทดลอง เมื่อน้ำกลั่นไหลผ่านตัวอย่าง ดินและแผ่น geotextile ก็เริ่มวัดอัตราการไหลของ น้ำกลั่น สังเกตสีและความขุ่นของน้ำกลั่นที่ไหล ออกมา (Figure 3) ในช่วงแรกวัดอัตราการไหล ทุก ๆ 5 นาที หลังจากการทดลองแล้ว 1 ชม. วัด อัตราการไหลของน้ำกลั่น ทุก ๆ 10 นาที ต่อจากนั้น วัดทุก ๆ ชั่วโมง เมื่อครบ 1 วันแล้วจะวัดอัตรา การไหลในช่วง 3-10 วันต่อครั้ง จนกระทั่งผลการ ทดลองครบ 104 วัน จึงนำผลการทดลองมาบันทึก เป็นกราฟต่อไป



Figure 1 Geotextile was cut at the same size of plastic tube for testing and placed adjacent to soil specimen.



Figure 2 The compacted soil specimen in mold prepared for passing water through.

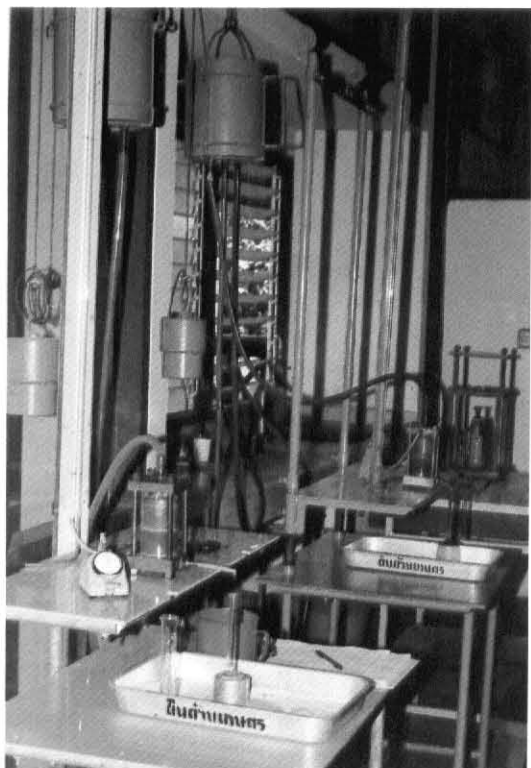


Figure 3. The complete set of apparatus and compacted soil specimen for testing. Measure the rate of flow of distilled water through soil specimen during the period of testing 104 days.

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลองเมื่อใช้ geotextile เบอร์ 3000 แสดงใน Table 4 ใช้ความดันน้ำเท่ากับ 102 ซม. พบว่าในช่วงแรกอัตราการไหลของน้ำกลั่นผ่านดินชุดพินายและไหลผ่านแผ่น geotextile รวดเร็วมาก สีของน้ำกลั่นขุ่นมีตะกอนดินเหนียวปนออกมามาก หลังจากเวลาผ่านไปอัตราการไหลของน้ำกลั่นผ่าน Soil-Geotextile complex zone จะช้าลง ดังแสดงใน Figure 4, 5 เมื่อการทดลองผ่านไป 0.23 วัน หรือ 5 ชม. 30 นาที อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 2.33×10^{-2} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร

เมื่อเวลาของการทดลองผ่านไป 24 ชม. พบว่าน้ำกลั่นที่ไหลผ่าน Soil-Geotextile ออกมามีลักษณะใสและไม่มีตะกอนดินเหนียว เมื่อทดลองครบ 8 วัน อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 9.07×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร และหลังจากเริ่มการทดลองแล้ว 29 วัน อัตราการไหลของน้ำกลั่นค่อนข้างคงที่ในช่วง 6.87×10^{-8} ถึง 2.43×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร แสดงว่าในช่วง 24 ชม. แรกของการทดลองนั้น น้ำกลั่นจะเป็นตัวพัดพาอนุภาคดินเหนียว (clay) ทรายแป้ง (silt) และทราย (sand) ไปสะสมอยู่บนแผ่น geotextile แล้วค่อย ๆ เกิดโครงสร้างที่ซับซ้อน (Soil-Geotextile complex zone) ทำหน้าที่กรองอนุภาคดินเหนียวและทรายเอาไว้ ทำให้อัตราการไหลของน้ำกลั่นผ่านแผ่น geotextile ได้น้อยลง หลังจาก 24 ชม. ไปแล้วโครงสร้างบนแผ่น geotextile เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์มากขึ้น ทำให้อัตราการไหลของน้ำที่ซึมผ่าน Soil-Geotextile complex zone ลดลงจนกระทั่งคงที่ (stable) ตลอดการทดลอง 104 วัน

เมื่อใช้ geotextile เบอร์ 2000 ใช้ความดันน้ำเท่ากับ 102 ซม. พบว่าในช่วงแรกของการทดลอง อัตราการไหลของน้ำกลั่นผ่านตัวอย่างดินและแผ่น geotextile รวดเร็วมาก สีของน้ำกลั่นขุ่น มีตะกอนปนออกมามาก หลังจากนั้นอัตราการไหลของน้ำกลั่นลดลง ดังแสดงใน Figure 6, 7 เมื่อการทดลองผ่านไป 0.23 วัน หรือ 5 ชม. 30 นาที อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 1.58×10^{-3} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชม. พบว่าน้ำที่ไหลผ่าน Soil-Geotextile complex zone ออกมาใสและไม่มีตะกอนดินเหนียวปนออกมา เมื่อทดลองครบ 8 วัน อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 6.63×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร และหลังจากเริ่มการทดลองแล้ว 29 วัน อัตราการไหลของน้ำกลั่นอยู่ในช่วง 1.06×10^{-7} ถึง 2.74×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร

Table 4 Water flow rate (milliliter / second / square cm) of Soil - Geotextile No. 3000, 2000, 1500, 1000 and 700 and Time .

Geotextile No.						
Time		#3000	#2000	#1500	#1000	#700
hrs:min	days	Water flow rate (ml/s/cm ²)				
00:05	0.0035	3.9463E-01	2.1902E-01	1.9732E-01	1.6456E-01	1.6456E-01
00:15	0.01	1.0971E-01	3.9463E-02	9.8658E-02	3.1176E-02	2.6440E-02
00:25	0.017	9.3923E-02	3.0781E-02	1.8942E-02	2.0126E-02	1.3023E-02
00:40	0.028	5.9590E-02	2.5257E-02	6.3141E-03	1.0260E-02	5.1302E-03
00:50	0.035	5.4854E-02	1.8548E-02	4.7356E-03	6.3141E-03	2.6440E-03
01:00	0.042	5.1697E-02	1.5391E-02	3.5517E-03	4.3410E-03	1.9337E-03
01:10	0.049	4.6961E-02	1.3023E-02	1.9337E-03	2.2889E-03	1.2904E-03
01:40	0.069	4.1042E-02	6.3141E-03	7.4980E-04	8.2873E-04	6.0379E-04
02:40	0.111	3.3544E-02	4.7356E-03	3.6385E-04	4.3410E-04	4.6961E-04
03:29	0.145	3.1176E-02	2.7624E-03	1.5351E-04	2.6401E-04	2.9242E-04
04:30	0.1875	2.6440E-02	1.8153E-03	9.5501E-05	1.8942E-04	1.5351E-04
05:30	0.23	2.3283E-02	1.5785E-03	8.0900E-05	1.5983E-04	1.3141E-04
	8	9.0766E-07	6.6298E-07	3.7490E-07	2.8690E-07	6.1335E-07
	21	1.4601E-07	6.0379E-07	2.6717E-07	3.0189E-07	3.8635E-07
	26	1.2786E-07	2.0560E-07	2.0916E-07	1.2786E-07	2.5099E-07
	29	1.0655E-07	2.7388E-07	1.5233E-07	1.9793E-07	1.5233E-07
	31	6.8666E-08	1.8272E-07	1.3812E-07	1.0277E-07	2.7388E-07
	40	1.3694E-07	1.8153E-07	1.2549E-07	2.1696E-07	2.1310E-07
	43	7.6164E-08	1.2194E-07	4.5777E-08	1.6748E-07	4.5777E-08
	45	2.2849E-07	1.2194E-07	6.8666E-08	3.8832E-07	1.2561E-07
	48	1.2194E-07	1.0655E-07	2.2849E-07	3.1965E-07	1.8270E-07
	56	1.0260E-07	1.7680E-07	1.8270E-07	2.5572E-07	1.4601E-07
	62	1.8272E-07	1.3694E-07	2.0876E-07	3.0781E-07	1.6456E-08
	66	1.9416E-07	1.5983E-07	3.4254E-07	3.2755E-07	2.5651E-07
	70	1.0260E-07	1.5983E-07	2.6480E-07	2.3979E-07	1.3418E-07
	73	1.5233E-07	1.8548E-07	2.7230E-07	2.6100E-07	2.7230E-07
	98	1.4601E-07	1.6969E-07	2.8459E-07	2.5020E-07	1.9064E-07
	104	2.4349E-07	2.1310E-07	2.5578E-07	2.2849E-07	1.9771E-07

เมื่อใช้ geotextile เบอร์ 1500 พบว่าในช่วงแรกของการทดลองอัตราการไหลของน้ำกลั่นผ่านตัวอย่างดินและแผ่น geotextile รวดเร็วมาก สีของน้ำกลั่นขุ่นมีตะกอนดินเหนียวปนออกมามาก หลังจากนั้นอัตราการไหลของน้ำกลั่นจะลดลง ดังแสดงใน Figure 8, 9 เมื่อการทดลองผ่านไป 0.23 วัน หรือ 5 ชม. 30 นาที อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 8.09×10^{-5} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติ-

เมตร เมื่อการทดลองผ่านไป 24 ชม. พบว่าน้ำที่ไหลผ่าน Soil-Geotextile ออกมาใสและไม่มีตะกอนดินเหนียว เมื่อทดลองครบ 8 วัน อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 3.75×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร และหลังจากเริ่มการทดลองได้ 29 วันแล้ว อัตราการไหลของน้ำกลั่นอยู่ในช่วง 4.58×10^{-8} ถึง 3.42×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร

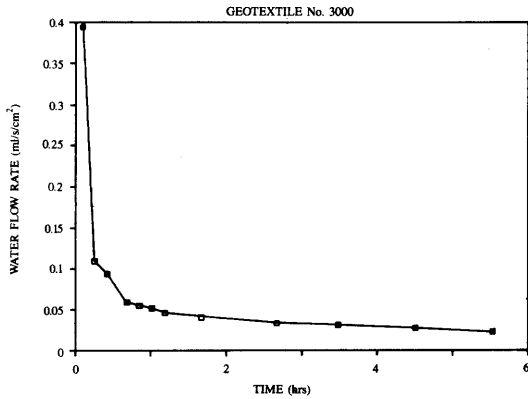


Figure 4 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 3000 complex zone and time (hours).

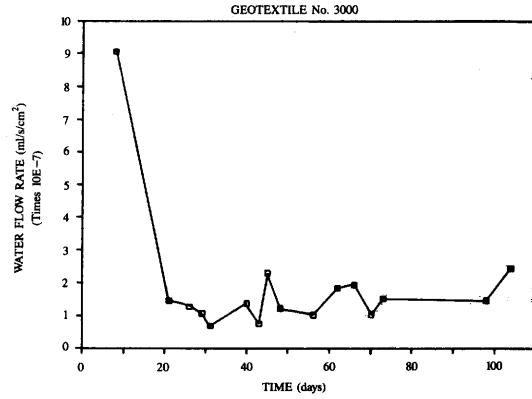


Figure 5 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 3000 complex zone and time (days).

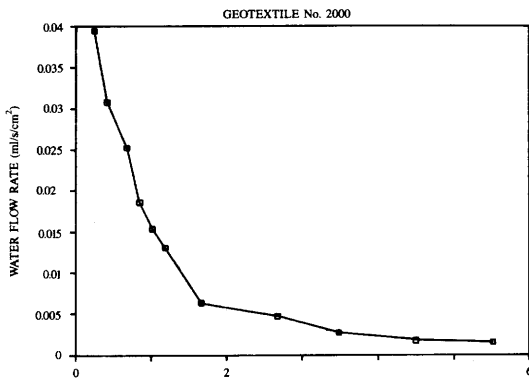


Figure 6 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 2000 complex zone and time (hours).

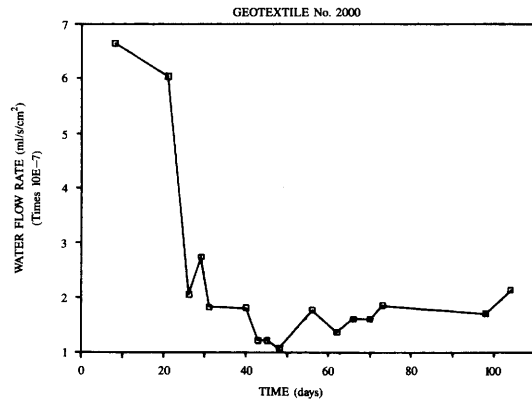


Figure 7 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 2000 complex zone and time (days).

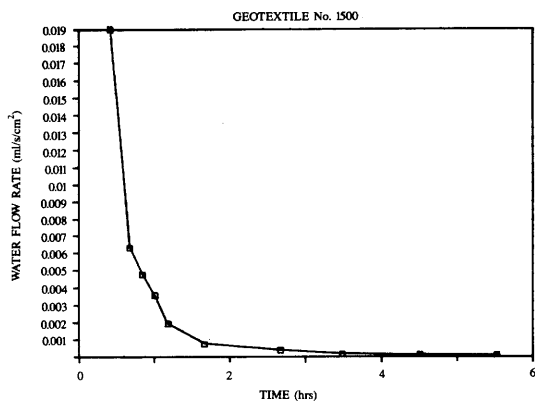


Figure 8 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 1500 complex zone and time (hours).

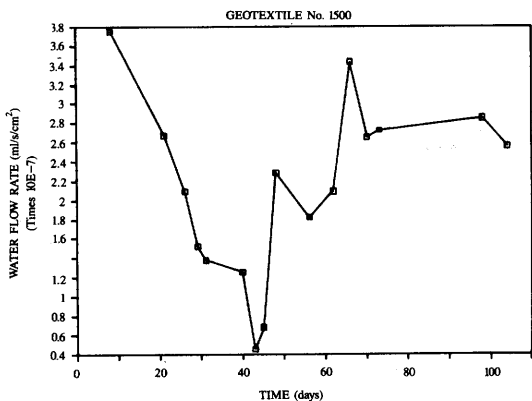


Figure 9 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 1500 complex zone and time (days).

เมื่อใช้ geotextile เบอร์ 1000 พบว่าในช่วงแรกของการทดลองอัตราการไหลของน้ำกลั่นผ่านตัวอย่างดินและแผ่น geotextile รวดเร็วมาก สีของน้ำกลั่นขุ่นมีตะกอนดินเหนียวปนออกมามาก หลังจากนั้นอัตราการไหลของน้ำกลั่นลดลง ดังแสดงใน Figure 10, 11 เมื่อการทดลองผ่านไป 0.23 วัน หรือ 5 ชม. 30 นาที อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 1.60×10^{-4} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร เมื่อการทดลองผ่านไป 24 ชม. พบว่าน้ำที่ไหลผ่าน Soil-Geotextile ออกมาใสและไม่มีตะกอนดินเหนียวปนออกมา เมื่อการทดลองครบ 8 วัน อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 2.87×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร และหลังจากเริ่มการทดลองได้ 29 วันแล้ว อัตราการไหลของน้ำกลั่นอยู่ในช่วง 1.03×10^{-7} ถึง 3.88×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร

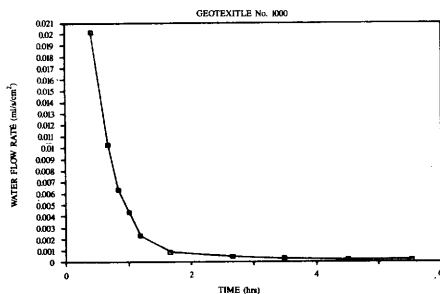


Figure 10 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 1000 complex zone and time (hours).

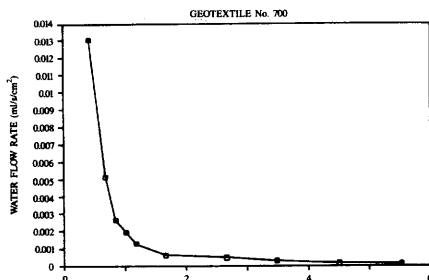


Figure 12 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 700 complex zone and time (hours).

เมื่อใช้ geotextile เบอร์ 700 พบว่าในช่วงแรกของการทดลอง อัตราการไหลของน้ำกลั่นผ่านตัวอย่างดินและแผ่น geotextile รวดเร็วมาก สีของน้ำกลั่นขุ่นมีตะกอนดินเหนียวปนออกมามาก หลังจากนั้นอัตราการไหลของน้ำกลั่นจะลดลง ดังแสดงใน Figure 12, 13 เมื่อการทดลองผ่านไป 0.23 วัน หรือ 5 ชม. 30 นาที อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 1.31×10^{-4} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร เมื่อการทดลองผ่านไป 24 ชม. พบว่าน้ำที่ไหลผ่าน Soil-Geotextile ออกมาใส และไม่มีตะกอนดินเหนียวปนออกมา เมื่อทดลองครบ 8 วัน อัตราการไหลของน้ำกลั่นเท่ากับ 6.13×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร และหลังจาก 29 วันไปแล้ว อัตราการไหลของน้ำกลั่นอยู่ในช่วง 4.58×10^{-8} ถึง 2.74×10^{-7} มิลลิลิตร/วินาที/ตารางเซนติเมตร

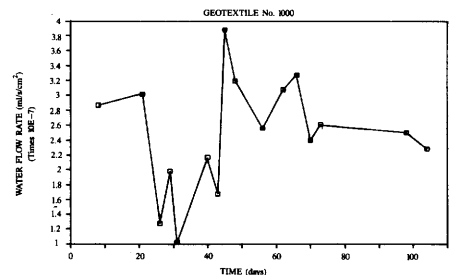


Figure 11 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 1000 complex zone and time (days).

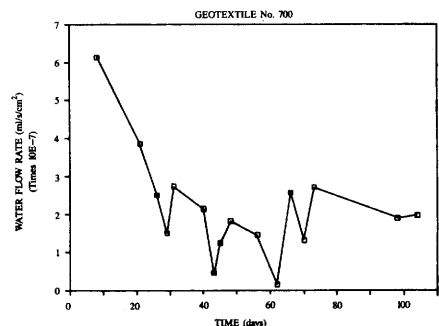


Figure 13 Relation between water flow rate (milliliter/second/square centimeter) that flows through Soil-Geotextile No. 700 complex zone and time (days).

สรุป

1. ในช่วงเริ่มต้นการทดลองอัตราการไหลของน้ำกลั่นผ่าน Soil-Geotextile complex zone รวดเร็วมาก สีของน้ำกลั่นขุ่น มีดินเหนียวฟุ้งกระจายปนออกมากับน้ำกลั่นมาก หลังจากนั้นอัตราการไหลของน้ำกลั่นค่อย ๆ ช้าลง ความขุ่นและปริมาณตะกอนดินเหนียวที่ไหลมากับน้ำกลั่นลดน้อยลงจนกระทั่งอัตราการไหลของน้ำที่ (stable) และสีของน้ำกลั่นใสไม่มีตะกอนดินเหนียวปนออกมากับน้ำกลั่น ซึ่งแสดงว่าเกิดโครงสร้างการกรองอย่างสมบูรณ์บนแผ่น geotextile แล้ว

2. ขนาดและการกระจายของรูพรุนบนแผ่น geotextile (pore size and pore size distribution) มีอิทธิพลต่ออัตราการไหลของน้ำกลั่นในช่วงแรกของการทดลองเพียงเล็กน้อย และเมื่อทำการทดลองผ่านไปหลัง 29 วันแล้ว ขนาดและการกระจายของรูพรุนบนแผ่น geotextile ไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการไหลของน้ำอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ geotextile เบอร์ต่าง ๆ ที่นำมาทดลองไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด

3. สามารถใช้แผ่น geotextile เป็นวัสดุกรองสำหรับเขื่อนดินที่ก่อสร้างขึ้นโดยใช้ดินที่มีการกระจายตัวสูง ซึ่งจะทำให้การพัดพาอนุภาคดินเหนียว

ออกไปจากเขื่อนดินเกิดขึ้นน้อยลง และจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดรูหรือโพรงในเขื่อนดินได้ด้วย ถ้าก่อสร้างอย่างถูกวิธี

เอกสารอ้างอิง

- Annual Book of ASTM Standard, Vol. 4.08. 1988. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, U.S.A.
- Contribution of SCS-Soil Mechanics Unit. 1972. Procedure for Dilution Turbidity Ratio Test. Lincoln, Nebraska, U.S.A. 6 p.
- Emerson W.W. 1967. A Classification of soil aggregate based on their coherence in water. Australian J. Soil Res. 5:47-57.
- Sherard J.L., L.P. Dunnigan, R.S. Decker and E.F. Steele. 1976. Pinhole test for identifying dispersive soils. J. Geotech. Engin. Div. ASCE Vol. 102, GT 1.
- Sherard J.L., R.S. Decker and N.L. Ryker. 1977. Piping in earth dams of dispersive clay. Proc. ASCE Specialty Conference on the Performance of Earth and Earth-Supported Structures 1:589-626.
- Sherard J.L. 1983. Embankment dam filters. Paper presented at ISMFE meeting in Caracas. Nov. 14-18, 1983.

ภาคผนวก

การอ่านรายงานผลการวิเคราะห์ดินกระจายตัว

Interpretation of Dispersive Soil Analyses Results

1. Crumb Test Emerson 1967.

รายงานผลเป็น grade ต่าง ๆ คือ grade 1, grade 2, grade 3 และ grade 4 ความหมายของผลการทดสอบเป็นดังนี้คือ

grade	คำจำกัดความ
grade 1. ไม่มีปฏิกิริยา	ดินแตกออกเล็กน้อย ไม่มีความขุ่นอยู่ในน้ำเลย (No sign of clay colloid) ดินเป็น Nondispersive
grade 2. มีปฏิกิริยาเล็กน้อย	มีความขุ่นอยู่นิดหน่อยที่ผิวของก้อนดิน (แต่ถ้าสามารถเห็นความขุ่นชัดเจนด้วยตาเปล่า ให้จัดไว้ใน grade 3) ดินเริ่มเป็น Dispersive เล็กน้อย
grade 3. มีปฏิกิริยาพอประมาณ	สามารถเห็นความขุ่นได้ง่าย เมื่อเอาก้อนดินใส่ลงไปลงในน้ำ แล้วมีความขุ่นเกิดขึ้นบาง ๆ ที่ภาชนะใส่ดิน ดินเป็น Dispersive มากขึ้น
grade 4. มีปฏิกิริยาอย่างมาก	ก้นภาชนะใส่ดินมีความขุ่นเกิดขึ้นทั่วไป น้ำในภาชนะใส่ดินเมื่อตั้งทิ้งไว้จะขุ่นทั่วถึงกันหมด ดินเป็น Dispersive อย่างมาก

2. Dilution Turbidity Ratio Test (D-T Ratio)

(SCS-Soil Mechanics Unit, 1972)

รายงานผลการทดสอบดินกระจายตัวโดยวิธีนี้ รายงานเป็นตัวเลข 1, 2, 3, 4.....ตามลำดับความหมายของตัวเลข

1-3 ดินมีการกระจายตัวสูง เป็น Dispersive Clay ถ้าตัวเลขยิ่งมากขึ้น การกระจายตัวของดินยิ่งลดน้อยลงตามลำดับ

3. Degree of Dispersion (%) ASTM Designation : D221-83a, (1988)

รายงานผลการทดสอบเป็น เปอร์เซนต์ ตั้งแต่ 0-100 เปอร์เซนต์

Percent Dispersion

0-33 %	ดินไม่มีปัญหาเรื่องการกระจายตัว (Non-dispersion)
34-67 %	ดินเริ่มมีปัญหาเกี่ยวกับการกระจายตัว (Moderately Dispersion)
68-100%	ดินมีการกระจายตัวสูง (High Dispersion)

4. Pinhole Test Sherard, et al., 1976

ค่าที่รายงานจากผลการทดสอบดินกระจายตัวโดยวิธี Pinhole Test รายงานผลไว้ดังนี้ D1, D2, ND4, ND3, ND2 และ ND1

- | | |
|----------|--|
| D1, D2 | - ดินกระจายตัว เป็น Dispersive Clay ที่รุนแรงถูกกัดเซาะ
โดยน้ำได้มาก |
| ND4, ND3 | - ดินกระจายตัวปานกลาง หรือ Intermediate อาจอยู่ในช่วง
ต่อเนื่องของการเปลี่ยนแปลง ถูกกัดเซาะโดยน้ำได้ปานกลาง |
| ND2, ND1 | - ดินไม่กระจายตัว เป็น Non-dispersive clay ดินทนทานต่อ
การกัดเซาะได้ดี |