บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรัง
2) ผลการทดสอบคุณสมบัติเส้นใยผักตกชวา
3) ผลการวัดค่าความเข้มฝนที่ความดันน้ำ 0.7 บาร์ และ 1.0 บาร์
4) ผลการทดสอบอัตราการไหลคงที่ของน้ำผิวดิน
5) ผลการวัดค่าตะกอนดิน
6) การเปรียบเทียบปริมาณตะกอนดินที่ป้องกันการกัดเซาะด้วยกลไกที่แตกต่างกัน

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรัง

ดินลูกรังที่ใช้ในการทดสอบมีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.92, ค่าหน่วยน้ำหนักดินแห้ง 1.95 ky/cm^3, ค่าขีดเหลวเท่ากับ 24.82%, ค่าขีดพลาสติกเท่ากับ 15.61 % และค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน เท่ากับ 1.39x10^{-4} cm/s ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรัง

คุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรัง	
Specific Gravity, G_S	2.92
Optimum Moisture Content (%)	12.821
Dry Unit Weight of Soil (g/cm^3)	2.108
Liquid Limit, LL (%)	32.53
Plastic Limit, PL (%)	18.38
Plasticity Index, PI (%)	14.15
% Finer No.1/2 in	100.00
% Finer No.3/8 in	98.36
% Finer No.4	74.48
% Finer No.10	32.24
% Finer No.20	25.01
% Finer No.40	19.07
% Finer No.100	9.97
% Finer No.200	5.44
Classification	SP

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเส้นใยผักตบชวา

4.2.1 Mass per unit area test

ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm และ 12 mm x 12 mm มีค่าเท่ากับ 683 g/m^2 และ 861 g/m^2 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm

Property	Unit	Test Method	Measured Value
Flow Rate at 50mm head	l/m^2-s	ASTM D4491	186
Flow Rate at 100mm head			285
Mass per unit Area	g/m²	ASTM D5261	861
Thickness	mm	ASTM D5199	5.52

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 12 mm X 12 mm

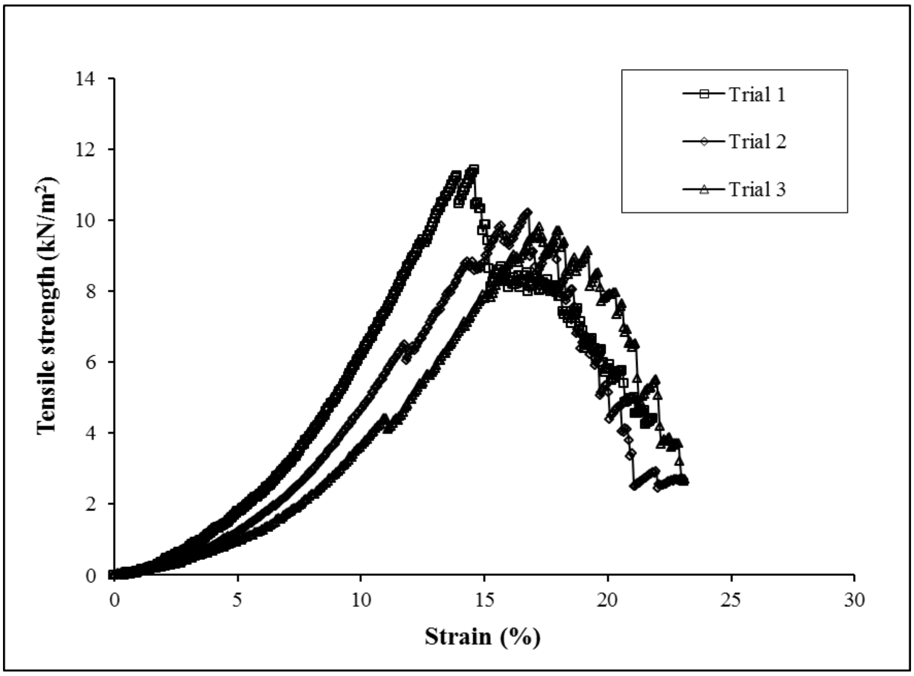
Property	Unit	Test Method	Measured Value
Flow Rate at 50mm head	l/m^2-s	ASTM D4491	216
Flow Rate at 100mm head			311
Mass per unit Area	g/m²	ASTM D5261	683
Thickness	mm	ASTM D5199	5.50

4.2.2 Thickness

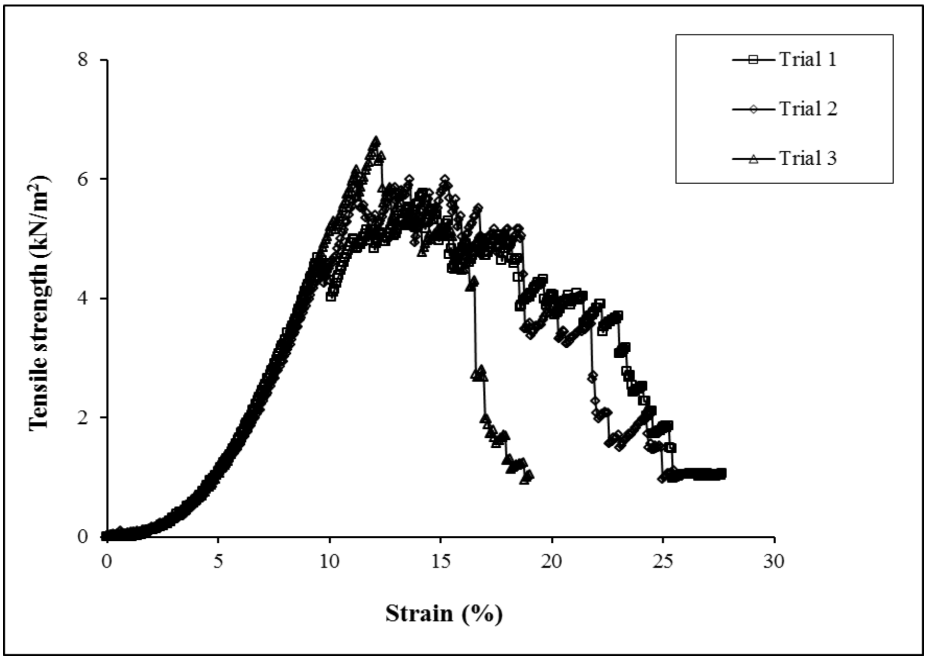
ผลการวัดค่าความหนาโดยเฉลี่ยของเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm และ 12 mm x 12 mm มีค่าเท่ากับ 5.50 mm และ 5.52 mm ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.2 และ 4.3

4.2.3 Tensile strength of water hyacinth LLGs

The wide-width strip tensile strength ตามมาตรฐาน ASTM D4595-86 โดยทำการทดสอบขนาดตัวอย่าง กว้าง 200 mm และยาว 200 mm ได้ผลการทดสอบดังนี้ ค่ากำลังรับแรงดึงโดยเฉลี่ยของตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm และ 12 mm x12mm มีค่าเท่ากับ 10.5 KN/M และ 6.1 KN/M ตามลำดับ และ มีค่าความเครียดตามแนวแกนเท่ากับ 16% และ 14 % ตามลำดับ ดังในรูปที่ 4.1 และ 4.2



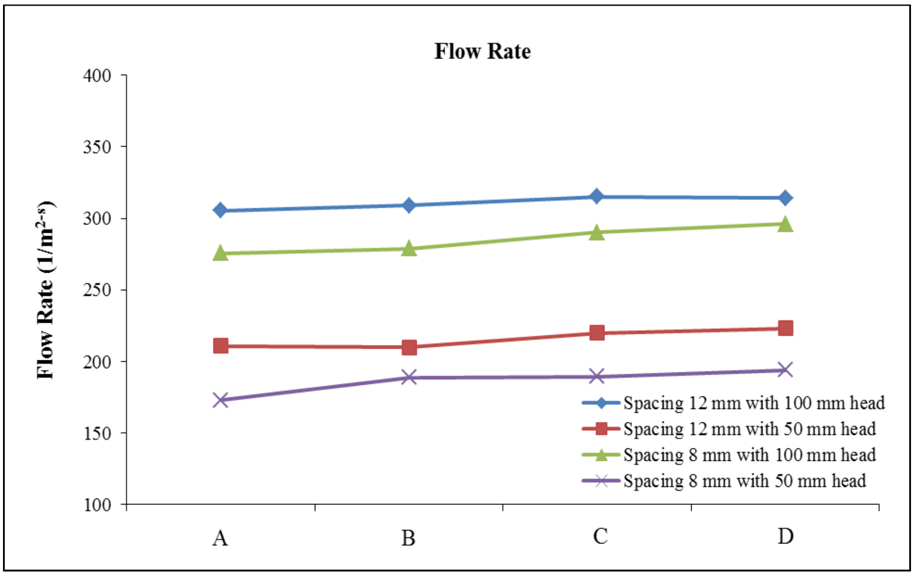
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงและความเครียดของเส้นใยผักตบชวา ขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงและความเครียดของเส้นใยผักตบชวา ขนาดช่องเปิด 12 mm X 12 mm

4.2.4 Permittivity test of water hyacinth LLGs

จากตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่าอัตราการไหลของน้ำผ่านหน้าตัดตัวอย่างเส้นใยผักตบชวา ขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm โดยควบคุมการไหลเป็นแบบราบเรียบที่แรงดันน้ำ 50 mm และ 100 mm มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 186 l/m^2s^{-1} และ 285 l/m^2S^{-1} ตามลำดับและจากตารางที่ 4.2 ตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 12 mm x 12 mm มีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 216 l/m^2s^{-1} และ311 l/m^2s^{-1}



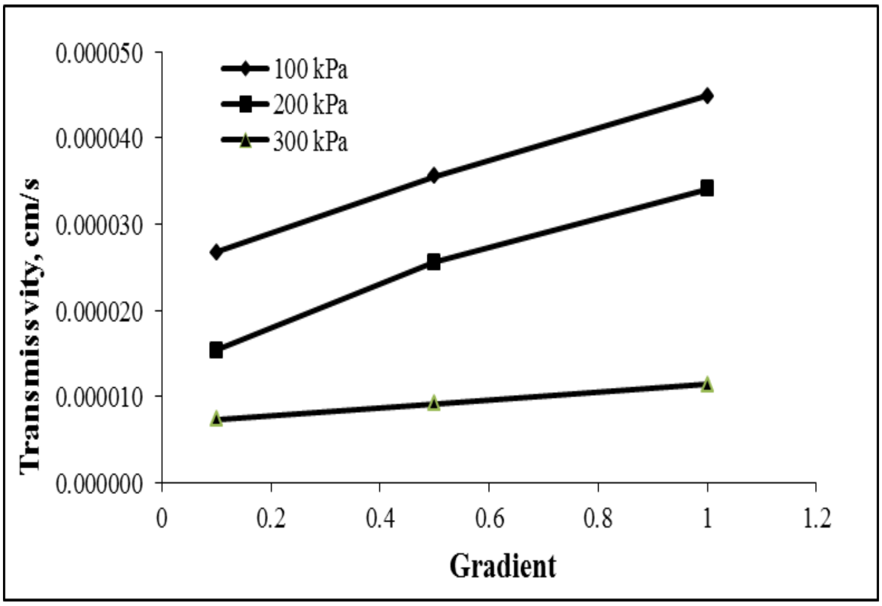
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำผ่านตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mmและ ขนาดช่องเปิด 12 mm X 12 mm

จากรูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำผ่านตัวอย่างเส้นใยผักตบชวา ขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm และ12 mm x 12 mm พบว่าตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 12 mm x 12 mm มีค่าอัตราการไหลของน้ำผ่านพื้นที่หน้าตัดสูงกว่าตัวอย่างสันใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm ไม่มากนัก

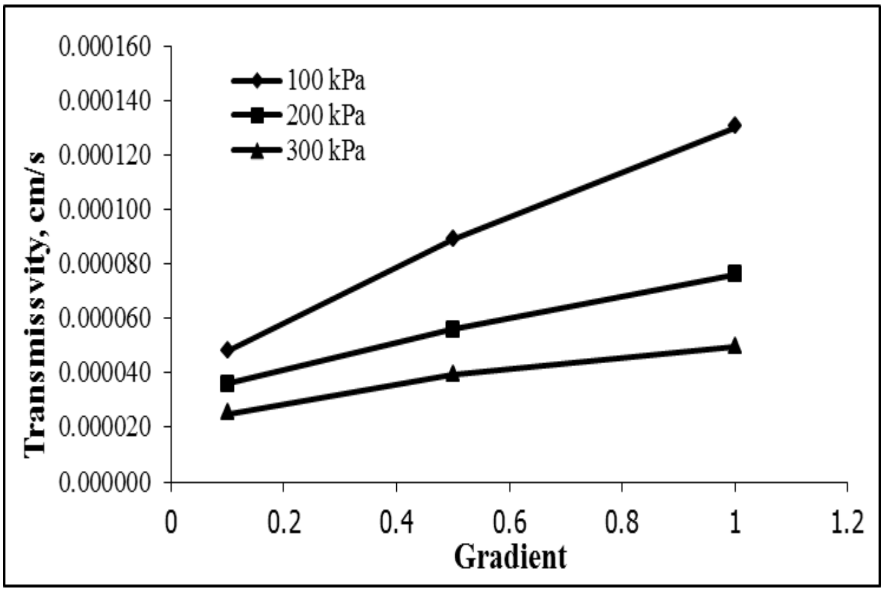
4.2.5 Hydraulic transmittivity test of water hyacinth LLGs

จากรูปที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของตัวอย่างเส้นใยผักตบชวา ขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm สำหรับน้ำหนักกดทับ 100 Kpa ที่ความชันชลศาสตร์ 0.1,0.5 และ1.0 มีค่าเท่ากับ 2.7 x 10^{-6} cm/s, 3.6 x 10^{-6} cm/s และ4.5x10^{-6} cm/s ตามลำดับน้ำหนักกดทับในการทดสอบ 200 Kpa มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านเท่ากับ1.5 x10^{-6} cm/s ที่มีความชันทางชลศาสตร์ 0.1, 2.6x10^{-6} cm/s ที่ความชันทางชลศาสตร์ 0.5 และ 3.4 x 10^{-6} cm/s ที่ความชันชลศาสตร์เท่ากับ 1.0

ตามลำดับ น้ำหนักกดทับในการทดสอบ 300 Kpa ที่ความชันชลศาสตร์เท่ากับ 1.0, 0.5 และ 1.0 มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านเท่ากับ0.7 x10^{-6} cm/s, 0.9 x10^{-6} cm/s และ 1.1 x10^{-6} cm/s ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm ที่ความชันทางชลศาสตร์ 0.1,0.5 และ 1.0



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านตัวอย่างเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 12 mm X 12 mm ที่ความชันทางชลศาสตร์ 0.1,0.5 และ 1.0

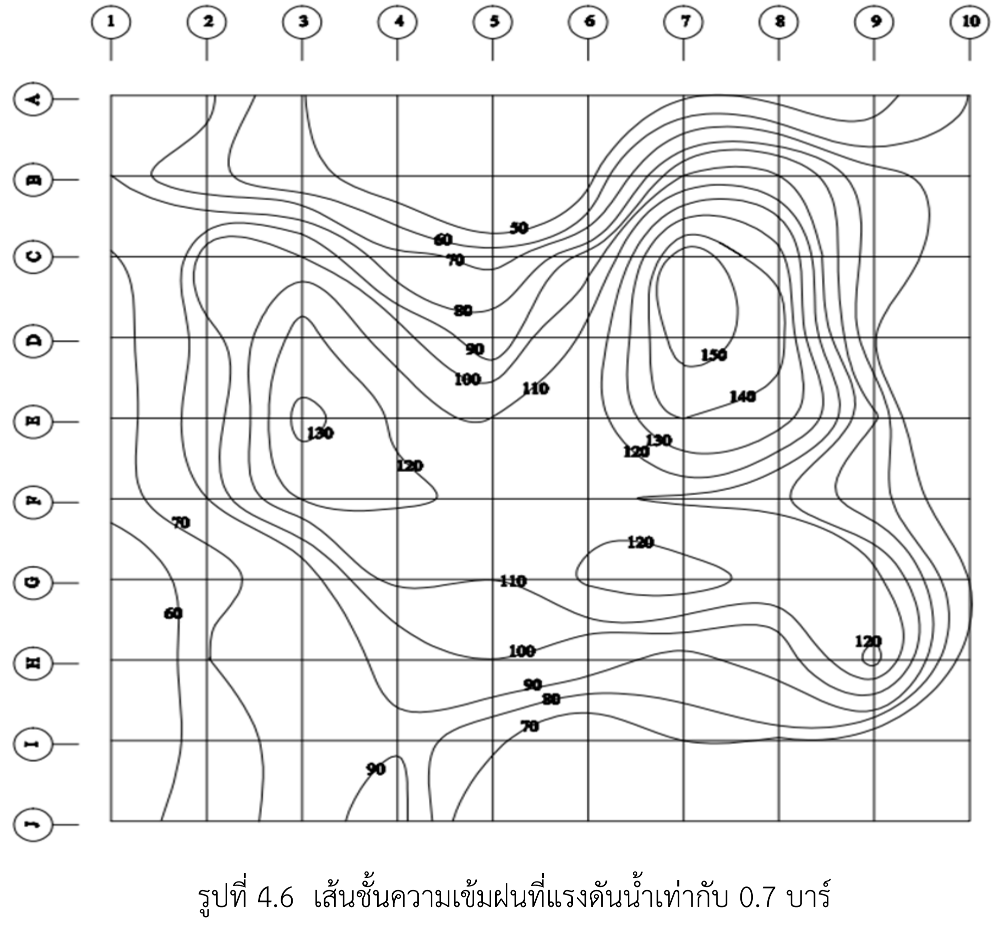
จากรูปที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของตัวอย่างเส้นใยผักตบชวา ขนาดช่องเปิด 12 mm X 12 mm สำหรับน้ำหนักกดทับ 100 Kpa ที่ความชันชลศาสตร์ 0.1,0.5 และ1.0 มีค่าเท่ากับ 4.8 x 10^{-6} cm/s , 8.9 x 10^{-6} cm/s และ13.0x10^{-6} cm/s ตามลำดับ น้ำหนักกดทับในการทดสอบ 200 Kpa มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านเท่ากับ 3.6 x10^{-6} cm/s ที่มีความชันทางชลศาสตร์ 0.1, 5.6x10^{-6} cm/s ที่ความชันทางชลศาสตร์ 0.5 และ 7.6 x 10^{-6} cm/s ที่ความชันชลศาสตร์เท่ากับ 1.0 ตามลำดับ น้ำหนักกดทับในการทดสอบ 300 Kpa ที่ความชันชลศาสตร์เท่ากับ 1.0, 0.5 และ 1.0 มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านเท่ากับ 2.5 x10^{-6} cm/s, 3.9 x10^{-6} cm/s และ 4.9 x10^{-6} cm/s ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 พบว่า เมื่อเพิ่มน้ำหนักกดทับในการทดสอบจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของตัวอย่างเส้นใยผักตบชวามีค่าลดลง

4.3 ผลการทดสอบค่าความเข้มฝนที่ความดันน้ำ 0.7 บาร์ และ 1.0 บาร์

4.3.1 ผลการทดสอบค่าความเข้มฝนที่ความดันน้ำ 0.7 บาร์

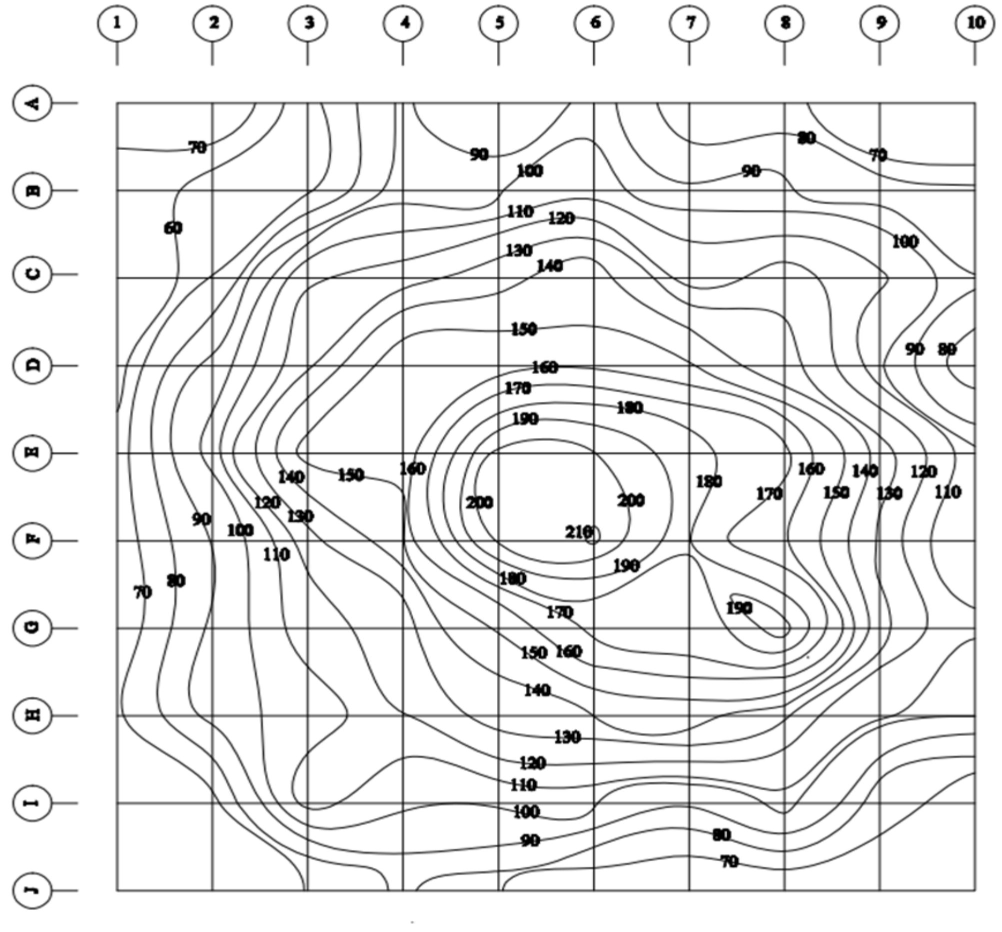
จากรูปที่ 4.6 เส้นชั้นความเข้มฝนที่มีความเข้ม 90 mm/hr อยู่บริเวณเส้น E4-E7 และ G4-G7



รูปที่ 4.6 เส้นชั้นความเข้มฝนที่แรงดันน้ำเท่ากับ 0.7 บาร์

4.3.2 ผลการทดสอบค่าความเข้มฝนที่ความดันน้ำ 1.0 บาร์

จากรูปที่ 4.7 เส้นชั้นความเข้มฝนที่มีความเข้ม 120 mm/hr อยู่บริเวณเส้น B5-B7 และ G5-G7 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 เส้นชั้นความเข้มฝนที่แรงดันน้ำเท่ากับ 1.0 บาร์

4.4 ผลการทดสอบการวัดอัตราการไหลน้ำผิวดิน

4.4.1 ผลการทดสอบอัตราการไหลของน้ำผิวดินของกระบะทดสอบหลังจากการปลูกหญ้า 4 สัปดาห์

จากตารางที่ 4.4 อัตราการไหลของน้ำผิวดินสำหรับกระบะทดสอบที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน เท่ากับ 1064.73 $cm^3s^{-1}m^2$, 848.62 $cm^3s^{-1}m^2$ และ805.59 $cm^3s^{-1}m^2$ ที่ความลาดชันในการทดสอบเท่ากับ 1:1, 2:1 และ3:1 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 อัตราการไหลของน้ำผิวดินของกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 4 สัปดาห์

Slope	1H:1V ($cm^3s^{-1}m^{-2}$)	2H:1V ($cm^3s^{-1}m^{-2}$)	3H:1V ($cm^3s^{-1}m^{-2}$)
Soil only (Laterite soil)	1064.73	848.62	805.59
Water hyacinth opening 8 x 8 mm	547.85	446.35	324.73
Water hyacinth opening 12 x 12 mm	345.99	220.12	157.42
Vetiver grass	1011.38	817.24	674.34
Ruzi grass	836.75	676.28	561.38
Vetiver + Ruzi grasses	723.00	517.90	423.58

อัตราการไหลของน้ำผิวดินสำหรับกระบะทดสอบที่คลุมดินด้วยเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm ที่ความลาดชันในการทดสอบเท่ากับ 1:1, 2:1 และ3:1 มีค่าเท่ากับ 547.85 $cm^3s^{-1}m^2$,446.35 $cm^3s^{-1}m^2$ และ324.73 $cm^3s^{-1}m^2$ ตามลำดับ

4.4.2 ผลการทดสอบอัตราการไหลของน้ำผิวดินของกระบะทดสอบ หลังจาการปลูกหญ้า 6 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

อัตราการไหลของน้ำผิวดินของกระบะทดสอบที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน, กระบะทดสอบที่คลุมดินด้วยเส้นใยผักตบชวา ขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm, กระบะทดสอบที่คลุมดินด้วยเส้นใยผักตบชวา ขนาดช่องเปิด 12 mm X 12 mm, กระบะทดสอบที่คลุมดินด้วยการปลูกหญ้าแฝก, กระบะคลุมดินด้วยการปลูกหญ้ารูซี่ และกระบะทดสอบที่คลุมดินด้วยการปลูกหญ้าแฝกและหญ้ารูซี่ แสดงในตารางที่ 4.5 ที่อายุการปลูกหญ้า 6 สัปดาห์และที่อายุการปลูกหญ้า 8 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 อัตราการไหลของน้ำผิวดินของกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 6 สัปดาห์

Slope	1H:1V ($cm^3s^{-1}m^{-2}$)	2H:1V ($cm^3s^{-1}m^{-2}$)	3H:1V ($cm^3s^{-1}m^{-2}$)
Soil only (Laterite soil)	908.26	741.43	617.57
Water hyacinth opening 8 x 8 mm	812.44	672.56	514.11
Water hyacinth opening 12 x 12 mm	589.61	453.36	370.16
Vetiver grass	824.75	460.11	297.26
Ruzi grass	563.04	381.40	179.60
Vetiver + Ruzi grasses	334.96	242.47	117.22

ตารางที่ 4.6 อัตราการไหลของน้ำผิวดินของกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 8 สัปดาห์

Slope	1H:1V ($cm^3s^{-1}m^{-2}$)	2H:1V ($cm^3s^{-1}m^{-2}$)	3H:1V ($cm^3s^{-1}m^{-2}$)
Bare soil (Laterite soil)	876.42	667.37	498.17
Water hyacinth opening 8 x 8 mm	600.61	470.23	400.41
Water hyacinth opening 12 x 12 mm	545.20	442.36	358.06
Vetiver grass	424.96	391.34	236.67
Ruzi grass	332.10	233.01	183.28
Vetiver + Ruzi grasses	362.32	197.29	80.40

4.5 ผลการวัดค่าตะกอนดิน

4.5.1 ผลการวัดค่าตะกอนดินของกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 4 สัปดาห์

ตารางที่ 4.7 ปริมาณตะกอนดินของกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 4 สัปดาห์

Slope	1H:1V ($kg/m^2/hr$)	2H:1V ($kg/m^2/hr$)	3H:1V ($kg/m^2/hr$)
Soil only (Lateritic soil)	0.051	0.048	0.033
Water hyacinth opening 8 x 8 mm	0.017	0.015	0.010
Water hyacinth opening 12 x 12 mm	0.025	0.024	0.014
Vetiver grass	0.033	0.029	0.019
Ruzi grass	0.026	0.021	0.015
Vetiver + Ruzi grasses	0.022	0.018	0.011

จากตารางที่ 4.7 ค่าตะกอนดินของกระบะทดสอบที่ไม่มีการป้องกัน การกัดเซาะหน้าดินมีค่าเท่ากับ 0.051 $kg/m^2/hr$, 0.048 $kg/m^2/hr$ และ0.033 $kg/m^2/hr$ ที่ความลาดชันในการทดสอบเท่ากับ 1:1, 2:1 และ3:1 ตามลำดับ ค่าตะกอนดิน สำหรับกระบะทดสอบที่คลุมดินด้วยเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm มีค่าเท่ากับ 0.017 $kg/m^2/hr$ ที่ความลาดชันในการทดสอบเท่ากับ 1:1, 0.015 $kg/m^2/hr$ ความลาดชันในการทดสอบเท่ากับ 2:1 และมีค่าเท่ากับ 0.010 $kg/m^2/hr$ ที่ความลาดชันในการทดสอบเท่ากับ 3:1 ค่าตะกอนดินสำหรับกระบะทดสอบที่คลุมดินด้วยเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 12 mm X 12 mm ที่ความลาดชันในการทดสอบ 1:1, 2:1 และ3:1 มีค่าเท่ากับ 0.025 $kg/m^2/hr$, 0.024 $kg/m^2/hr$ และ0.014 $kg/m^2/hr$

4.5.2 ผลการวัดค่าตะกอนดินของกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 6 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์

ค่าตะกอนดินของกระบะทดสอบที่ป้องกันการกัดเซาะด้วยกลไกที่แตกต่างกันที่อายุการปลูกหญ้า 6 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.8 และที่อายุการปลูกหญ้า 8 สัปดาห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ปริมาณตะกอนดินของกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 6 สัปดาห์

Slope	1H :1V ($kg/m^2/hr$)	2H:1V ($kg/m^2/hr$)	3H :1V ($kg/m^2/hr$)
Soil only (Lateritic soil)	0.024	0.020	0.015
Water hyacinth opening 8 x 8 mm	0.010	0.008	0.007
Water hyacinth opening 12 x 12 mm	0.014	0.012	0.008
Vetiver grass	0.013	0.011	0.009
Ruzi grass	0.010	0.008	0.006
Vetiver + Ruzi grasses	0.007	0.004	0.002

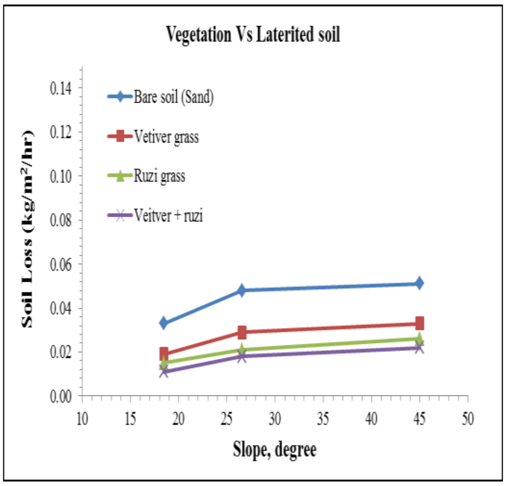
ตารางที่ 4.9 ปริมาณตะกอนดินของกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 8 สัปดาห์

Slope	1H :1V ($kg/m^2/hr$)	2H:1V ($kg/m^2/hr$)	3H :1V ($kg/m^2/hr$)
Soil only (Laterited)	0.017	0.014	0.011
Water hyacinth opening 8 x 8 mm	0.008	0.007	0.004
Water hyacinth opening 12 x 12 mm	0.011	0.008	0.006
Vetiver grass	0.007	0.006	0.005
Ruzi grass	0.006	0.004	0.003
Vetiver + Ruzi grasses	0.003	0.002	0.001

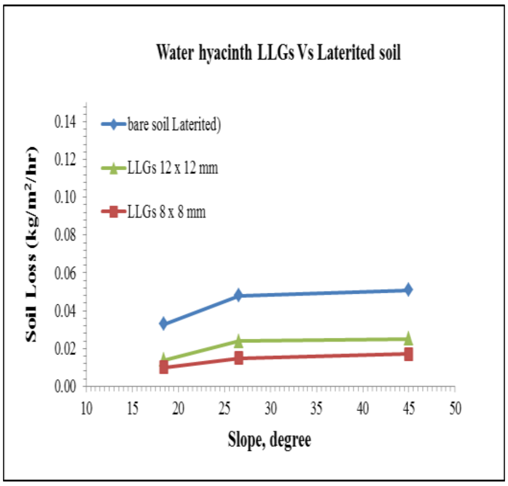
4.6 การเปรียบเทียบปริมาณตะกอนดินที่ป้องกันการกัดเซาะด้วยกลไกที่แตกต่างกัน

4.6.1 เปรียบเทียบ**การกัดเซาะ**ที่อายุการปลูกหญ้า 4 สัปดาห์

จากรูปที่ 4.8 (a) เปรียบเทียบตะกอนดินที่ได้จากกระบะทดสอบที่มีการปลูกหญ้าแฝกคลุมดิน, ปลูกหญ้ารูซี่คลุมดิน, ปลูกหญ้าแฝกและหญ้ารูซี่คลุมดิน ที่ความลาดชัน ในการทดสอบ 1:1, 2:1 และ3:1 โดยทำการเปรียบเทียบกับกระบะทดสอบที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน พบว่า กระบะทดสอบที่ปลูกหญ้าแฝกและหญ้ารูซี่คลุมดิน มีตะกอนน้อยที่สุด รองลงมาคือ กระบะทดสอบที่ปลูกหญ้ารูซี่คลุมดิน และกระบะที่ปลูกหญ้าแฝกคลุมดิน ตามลำดับ



(a)

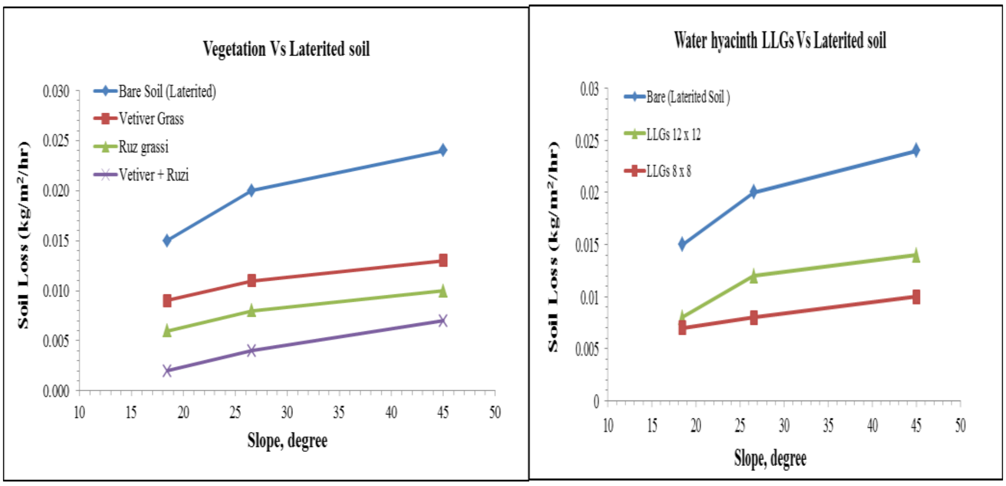


(b)

จากรูปที่ 4.8 เปรียบเทียบตะกอนดินที่ได้จากกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 4 สัปดาห์

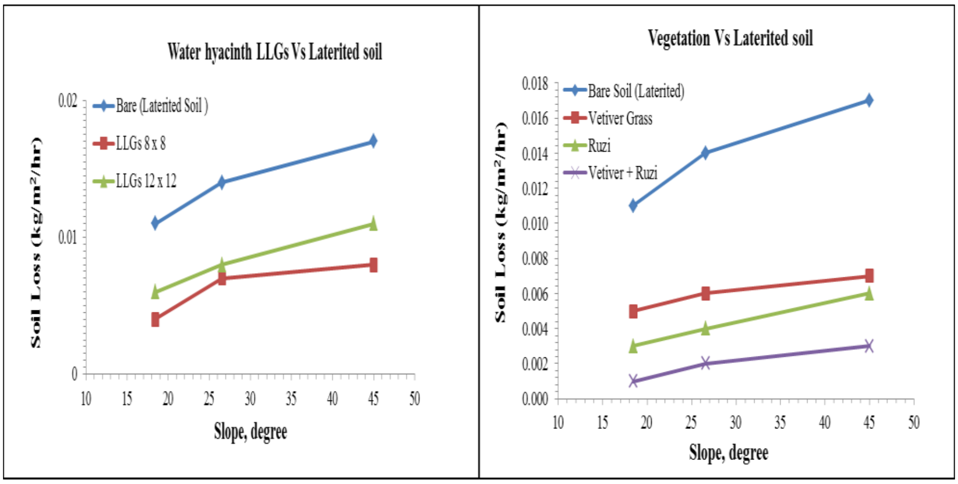
จากรูปที่ 4.8 (b) เปรียบเทียบตะกอนดินที่วัดจากกระบะทดสอบที่ป้องกันการกัดเซาะหน้าดินโดยการคลุมดินด้วยเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm มีค่าตะกอนดินน้อยที่สุด รองลงมาคือกระบะทดสอบที่ป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน โดยการคลุมดินด้วยเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 12 mm X 12 mm ที่ความลาดชันในการทดสอบ 1:1, 2:1 และ3:1 โดยทำกาเปรียบเทียบกับกระบะทดสอบที่ไม่มีการป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน

4.6.2 เปรียบเทียบ**การกัดเซาะ**ที่อายุการปลูกหญ้า 6 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์



(a) (b)

จากรูปที่ 4.9 เปรียบเทียบตะกอนดินที่ได้จากกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 6 สัปดาห์



(a) (b)

จากรูปที่ 4.10 เปรียบเทียบตะกอนดินที่ได้จากกระบะทดสอบที่อายุการปลูกหญ้า 8 สัปดาห์

จากรูปที่ 4.9 (a) และ 4.10 (a) พบว่า ค่าตะกอนที่วัดได้จากกระบะทดสอบ มีผลการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบที่ระยะเวลาการปลูกพืช 4 สัปดาห์ และยังพบว่า ค่าตะกอนดินที่วัดได้จะมีค่าลดลงตามเปอร์เซ็นต์การคลุมดินที่เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 4.9 (b) และ 4.10 (b) พบว่า ค่าตะกอนที่วัดได้ จากกระบะทดสอบที่คลุมดินด้วยเส้นใยผักตบชวาขนาดช่องเปิด 8 mm X 8 mm และ12 mm X 12 mm ทุกความลาดชันในการทดสอบ มีค่าเพิ่มมากกว่าที่ระยะเวลาการปลูกพืช ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยผักตบชวา เริ่มย่อยสลายตามระยะเวลาในการทดสอบที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง