

การเตรียมแบบจำลองคลองชลประทาน

สำหรับตัวอย่างแบบจำลองคลองชลประทาน เตรียมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 แบบจำลอง ประกอบไปด้วย 5 แบบจำลอง

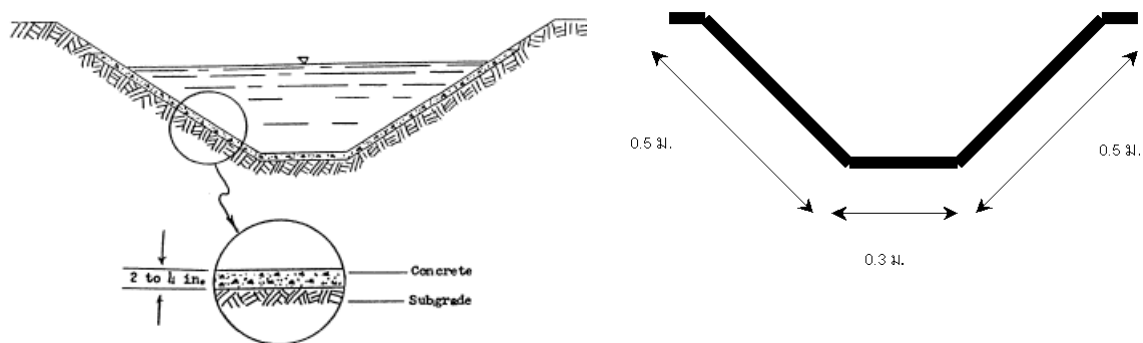
ตัวอย่างที่ 1 มีส่วนผสมของน้ำยางขึ้น 60% รักษาสภาพแอมโมเนียมมาก 7.5% 1 แบบจำลอง

ตัวอย่างที่ 2 มีส่วนผสมของน้ำยางขึ้น 60% รักษาสภาพแอมโมเนียมมาก 10% 1 แบบจำลอง

ตัวอย่างที่ 3 มีส่วนผสมของน้ำยางขึ้น 60% รักษาสภาพแอมโมเนียมมาก 12.5% 1 แบบจำลอง

ตัวอย่างที่ 4 มีส่วนผสมของน้ำยางขึ้น 60% รักษาสภาพแอมโมเนียมมาก 15% 1 แบบจำลอง

ตัวอย่างที่ 5 ที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 1 แบบจำลอง



รูปที่ 3.3 หน้าตัดแบบจำลองคลองชลประทานสี่เหลี่ยมคางหมู

สำหรับแบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบเป็นแบบจำลองคลองส่งน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ขนาดความกว้างที่ฐาน 0.30 เมตร ด้านข้าง 0.5 เมตร ความยาว 1 เมตร



รูปที่ 3.4 การเตรียมแบบจำลองคลองชลประทาน

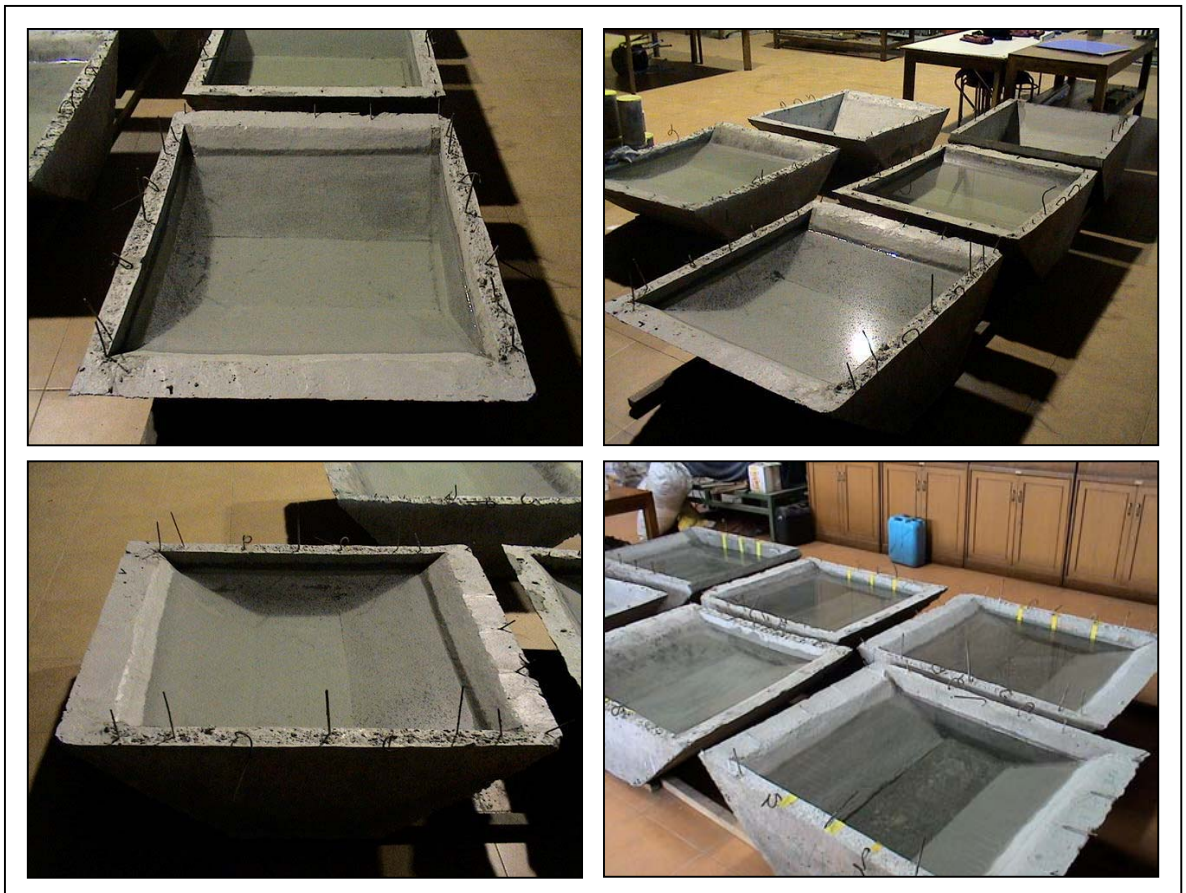
3.4 วิธีการและขั้นตอนการทดสอบ

1. นำแบบจำลองคลองชลประทานที่ได้เตรียมไว้สำหรับทำการทดสอบมาทำการทดสอบ ใช้วิธีระบบบ่อเก็บกักน้ำ โดยใช้วิธี ของ Horton โดยการคำนึงถึงความลาดชันของแบบจำลอง เพื่อทำการคำนวณความยาวของบ่อเก็บกักน้ำ
2. ติดตั้งไม้วัดระดับน้ำใกล้กับปลายของแบบจำลอง สำหรับวัดความลึกของน้ำ
3. เติมน้ำลงในแบบจำลองคลองชลประทานจนกระทั่งถึงระดับที่กำหนดไว้
4. บันทึกเวลาและระดับที่อ่านได้จากไม้วัดระดับน้ำเป็นระยะตามอัตราความลึกของน้ำ ที่ลดลงในแบบจำลองคลองชลประทาน
5. วัดความกว้างของผิวน้ำ และเส้นรอบรูปเปียกที่ระดับความลึกระดับต่าง ๆ ในแบบจำลองคลองชลประทานตามความยาวของแบบจำลอง และคำนวณความกว้างของผิวน้ำเฉลี่ยและเส้นรอบรูปเปียกเฉลี่ย
6. คำนวณอัตราการสูญเสียเนื่องจากการรั่วซึม และสมการการซึมของแต่ละแบบจำลอง โดยใช้สมการของ Horton ในหน่วยมิลลิเมตรต่อวัน รูปแบบของสมการดังนี้

$$f = f_c + (f_o - f_c)e^{-kt}$$

$$F = f_c T + \frac{f_o - f_c}{k} - \frac{f_o - f_c}{k} e^{-kt}$$

7. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึม (f) กับ (t) และหาค่าคงที่ของการซึม ของแต่ละแบบจำลอง
8. วิเคราะห์ผลการทดสอบและเปรียบเทียบอัตราการสูญเสียเนื่องจากการรั่วซึมของแบบจำลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง ในอัตราส่วน 7.5% 10% 12.5% 15% และแบบจำลองที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา
9. สรุปผลของโครงการ



รูปที่ 3.5 แบบจำลองคลองชลประทานที่ใช้ในการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

4.1 ผลการวิเคราะห์

ผลการศึกษาการสูญเสียน้ำเนื่องจากการรั่วซึมในแบบจำลองคลองชลประทานมีส่วนผสมที่น้ำยางพารา ทั้งหมดจำนวน 5 แบบจำลอง ซึ่งแต่ละแบบจำลองประกอบด้วย

- ตัวอย่างที่ 1 ที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา
- ตัวอย่างที่ 2 มีส่วนผสม ของน้ำยางขึ้น 60% รักษาสภาพแอมโมเนียมาก 7.5%
- ตัวอย่างที่ 3 มีส่วนผสม ของน้ำยางขึ้น 60% รักษาสภาพแอมโมเนียมาก 10%
- ตัวอย่างที่ 4 มีส่วนผสม ของน้ำยางขึ้น 60% รักษาสภาพแอมโมเนียมาก 12.5%
- ตัวอย่างที่ 5 มีส่วนผสม ของน้ำยางขึ้น 60% รักษาสภาพแอมโมเนียมาก 15%

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ทำการทดสอบโดยวิธีระบบบ่อเก็บกัก ทำการวัดปริมาณการรั่วซึมและอัตราการรั่วซึม โดยใช้วิธีของ Horton ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึม (f) ที่เวลา t ใดๆ กับอัตราการซึมที่เวลาเริ่มต้น (f_0) และอัตราการซึมที่สภาวะสมดุล (f_c) ได้ผลการทดลองดังแสดงไว้ดัง ตาราง 4.1 ถึง ตารางที่ 4.15 และ ตารางที่ 4.16 ถึง ตารางที่ 4.20 อัตราการรั่วซึมเฉลี่ยของแบบจำลองคลองชลประทาน

ตารางที่ 4.1 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา
สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 1

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	550	0.0423	0.0423	0.5078
10	0.167	1130	0.0869	0.0446	0.2677
20	0.333	1750	0.1346	0.0477	0.1431
30	0.500	2250	0.1731	0.0385	0.0769
45	0.750	2670	0.2054	0.0323	0.0431
60	1.000	2890	0.2223	0.0169	0.0169
90	1.500	3045	0.2343	0.0119	0.0079
120	2.000	3165	0.2435	0.0092	0.0046
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 12998 cm ²					

ตารางที่ 4.2 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา
สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 2

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	450	0.0346	0.0346	0.4154
10	0.167	1040	0.0800	0.0454	0.2723
20	0.333	1740	0.1339	0.0539	0.1616
30	0.500	2350	0.1808	0.0469	0.0939
45	0.750	2850	0.2193	0.0385	0.0513
60	1.000	3000	0.2308	0.0115	0.0115
90	1.500	3100	0.2385	0.0077	0.0051
120	2.000	3250	0.2500	0.0115	0.0058
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 12998 cm ²					

ตารางที่ 4.3 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา
สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 3

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	460	0.0354	0.0354	0.4247
10	0.167	1035	0.0796	0.0442	0.2654
20	0.333	1750	0.1346	0.0550	0.1650
30	0.500	2440	0.1877	0.0531	0.1062
45	0.750	2965	0.2281	0.0404	0.0539
60	1.000	3150	0.2423	0.0142	0.0142
90	1.500	3250	0.2500	0.0077	0.0051
120	2.000	3360	0.2585	0.0085	0.0042
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 12998 cm ²					

ตารางที่ 4.4 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 7.5% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 1

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	420	0.0355	0.0355	0.4265
10	0.167	880	0.0745	0.0389	0.2336
20	0.333	1140	0.0965	0.0220	0.0660
30	0.500	1312	0.1110	0.0146	0.0291
45	0.750	1477	0.1250	0.0140	0.0186
60	1.000	1547	0.1309	0.0059	0.0059
90	1.500	1599	0.1353	0.0044	0.0029
120	2.000	1621	0.1372	0.0019	0.0009
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11815.75 cm ²					

ตารางที่ 4.5 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 7.5% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 2

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	356	0.0301	0.0301	0.3616
10	0.167	755	0.0639	0.0338	0.2026
20	0.333	1078	0.0912	0.0273	0.0820
30	0.500	1291	0.1093	0.0180	0.0361
45	0.750	1403	0.1187	0.0095	0.0126
60	1.000	1498	0.1268	0.0080	0.0080
90	1.500	1570	0.1329	0.0061	0.0041
120	2.000	1626	0.1376	0.0047	0.0024
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11815.75 cm ²					

ตารางที่ 4.6 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 7.5% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 3

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc) (cm)		dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	350	0.0296	0.0296	0.3555
10	0.167	653	0.0553	0.0256	0.1539
20	0.333	843	0.0713	0.0161	0.0482
30	0.500	1018	0.0862	0.0148	0.0296
45	0.750	1218	0.1031	0.0169	0.0226
60	1.000	1355	0.1147	0.0116	0.0116
90	1.500	1432	0.1212	0.0065	0.0043
120	2.000	1487	0.1258	0.0047	0.0023
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11815.75 cm ²					

ตารางที่ 4.7 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 10% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 1

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc) (cm)		dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	372	0.0307	0.0307	0.3686
10	0.167	682	0.0563	0.0256	0.1536
20	0.333	950	0.0784	0.0221	0.0664
30	0.500	1102	0.0910	0.0126	0.0251
45	0.750	1247	0.1030	0.0120	0.0160
60	1.000	1409	0.1163	0.0134	0.0134
90	1.500	1484	0.1225	0.0062	0.0041
120	2.000	1540	0.1272	0.0046	0.0023
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11815.75 cm ²					

ตารางที่ 4.8 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 10% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 2

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	295	0.0244	0.0244	0.2923
10	0.167	725	0.0599	0.0355	0.2130
20	0.333	1040	0.0859	0.0260	0.0780
30	0.500	1250	0.1032	0.0173	0.0347
45	0.750	1373	0.1134	0.0102	0.0135
60	1.000	1563	0.1291	0.0157	0.0157
90	1.500	1650	0.1362	0.0072	0.0048
120	2.000	1682	0.1389	0.0026	0.0013
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11815.75 cm ²					

ตารางที่ 4.9 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 10% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 3

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	320	0.0264	0.0264	0.3171
10	0.167	608	0.0502	0.0238	0.1427
20	0.333	1018	0.0841	0.0339	0.1016
30	0.500	1293	0.1068	0.0227	0.0454
45	0.750	1446	0.1194	0.0126	0.0168
60	1.000	1591	0.1314	0.0120	0.0120
90	1.500	1673	0.1381	0.0068	0.0045
120	2.000	1738	0.1435	0.0054	0.0027
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11815.75 cm ²					

ตารางที่ 4.10 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 12.5% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 1

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	325	0.0287	0.0287	0.3442
10	0.167	705	0.0622	0.0335	0.2012
20	0.333	953	0.0841	0.0219	0.0657
30	0.500	1118	0.0987	0.0146	0.0291
45	0.750	1258	0.1110	0.0124	0.0165
60	1.000	1418	0.1252	0.0141	0.0141
90	1.500	1463	0.1291	0.0040	0.0026
120	2.000	1494	0.1319	0.0027	0.0014
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11329.25 cm ²					

ตารางที่ 4.11 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 12.5% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 2

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	292	0.0258	0.0258	0.3093
10	0.167	647	0.0571	0.0313	0.1880
20	0.333	987	0.0871	0.0300	0.0900
30	0.500	1215	0.1072	0.0201	0.0402
45	0.750	1527	0.1348	0.0275	0.0367
60	1.000	1715	0.1514	0.0166	0.0166
90	1.500	1832	0.1617	0.0103	0.0069
120	2.000	1910	0.1686	0.0069	0.0034
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11329.25 cm ²					

ตารางที่ 4.12 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา

12.5% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 3

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	265	0.0234	0.0234	0.2807
10	0.167	675	0.0596	0.0362	0.2171
20	0.333	1147	0.1012	0.0417	0.1250
30	0.500	1377	0.1215	0.0203	0.0406
45	0.750	1547	0.1365	0.0150	0.0200
60	1.000	1662	0.1467	0.0102	0.0102
90	1.500	1737	0.1533	0.0066	0.0044
120	2.000	1777	0.1569	0.0035	0.0018
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11329.25 cm ²					

ตารางที่ 4.13 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา

15% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 1

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	865	0.0766	0.0766	0.9194
10	0.167	1453	0.1287	0.0521	0.3125
20	0.333	1865	0.1652	0.0365	0.1095
30	0.500	2120	0.1878	0.0226	0.0452
45	0.750	2243	0.1987	0.0109	0.0145
60	1.000	2338	0.2071	0.0084	0.0084
90	1.500	2463	0.2182	0.0111	0.0074
120	2.000	2598	0.2301	0.0120	0.0060
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11290.25 cm ²					

ตารางที่ 4.14 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา

15% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 2

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	655	0.0580	0.0580	0.6962
10	0.167	1378	0.1221	0.0640	0.3842
20	0.333	2000	0.1771	0.0551	0.1653
30	0.500	2445	0.2166	0.0394	0.0788
45	0.750	2690	0.2383	0.0217	0.0289
60	1.000	2820	0.2498	0.0115	0.0115
90	1.500	2992	0.2650	0.0152	0.0102
120	2.000	3126	0.2769	0.0119	0.0059
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11290.25 cm ²					

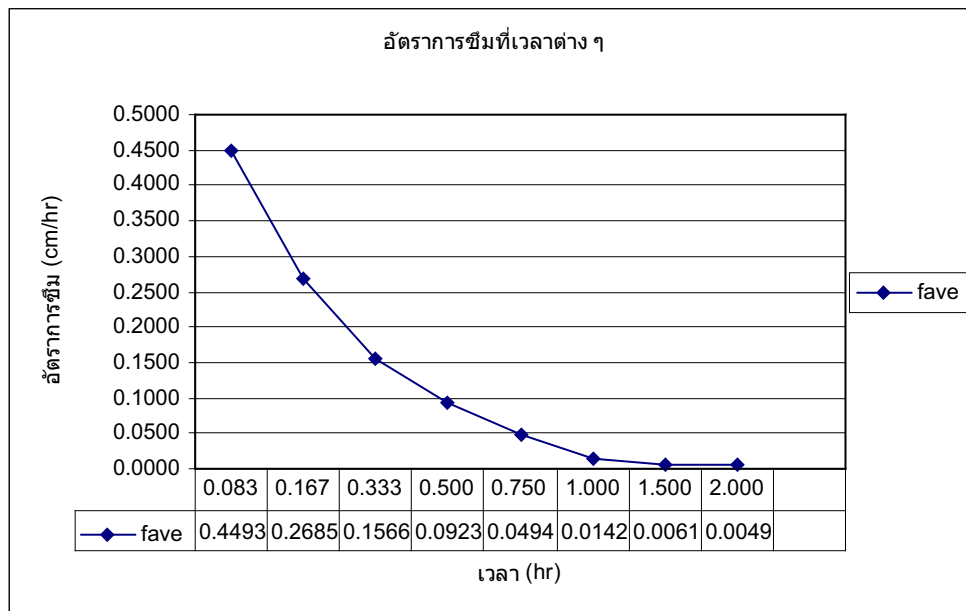
ตารางที่ 4.14 อัตราการซึมที่เวลาต่างๆ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา

15% สำหรับการทดสอบ ครั้งที่ 3

เวลาที่ผ่านไป (min)	Dt (hr)	ปริมาณน้ำที่เติมน้ำสะสม (cc)	(cm)	dF (cm)	F (cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	670	0.0593	0.0593	0.7121
10	0.167	1452	0.1286	0.0693	0.4156
20	0.333	2102	0.1862	0.0576	0.1727
30	0.500	2542	0.2252	0.0390	0.0779
45	0.750	2827	0.2504	0.0252	0.0337
60	1.000	2952	0.2615	0.0111	0.0111
90	1.500	3062	0.2712	0.0097	0.0065
120	2.000	3176	0.2813	0.0101	0.0050
พื้นที่ที่น้ำไหลซึม 11290.25 cm ²					

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยอัตราการซึม ของแบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา

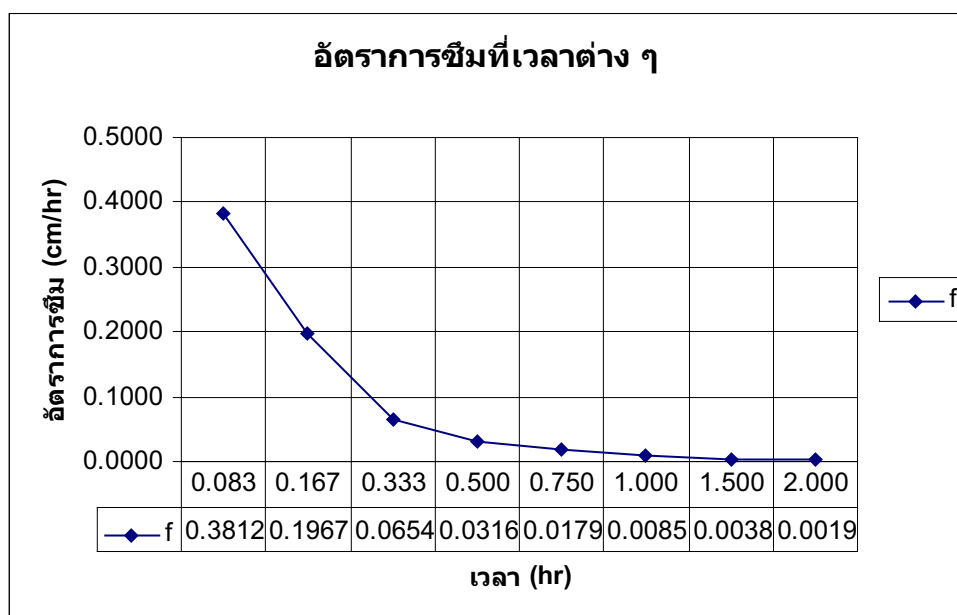
เวลาที่ผ่านไป	Dt	f1	f2	f3	f _{ave}
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	0.5078	0.4154	0.4247	0.4493
10	0.167	0.2677	0.2723	0.2654	0.2685
20	0.333	0.1431	0.1616	0.1650	0.1566
30	0.500	0.0769	0.0939	0.1062	0.0923
45	0.750	0.0431	0.0513	0.0539	0.0494
60	1.000	0.0169	0.0115	0.0142	0.0142
90	1.500	0.0079	0.0051	0.0051	0.0061
120	2.000	0.0046	0.0058	0.0042	0.0049



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการซึมกับเวลาแบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยอัตราการซึม ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 7.5%

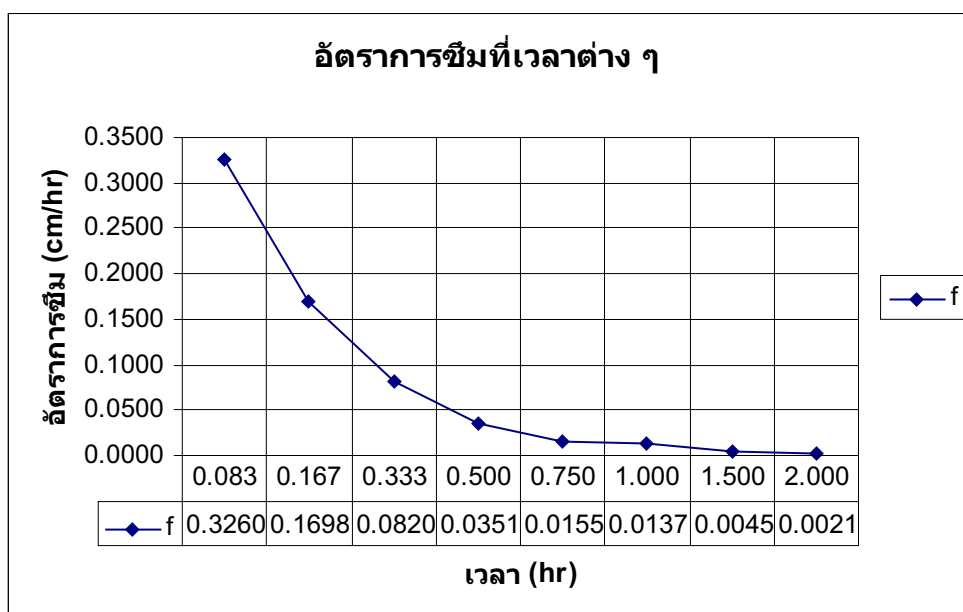
เวลาที่ผ่านไป	Dt	f1	f2	f3	f _{ave}
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	0.4265	0.3616	0.3555	0.3812
10	0.167	0.2336	0.2026	0.1539	0.1967
20	0.333	0.0660	0.0820	0.0482	0.0654
30	0.500	0.0291	0.0361	0.0296	0.0316
45	0.750	0.0186	0.0126	0.0226	0.0179
60	1.000	0.0059	0.0080	0.0116	0.0085
90	1.500	0.0029	0.0041	0.0043	0.0038
120	2.000	0.0009	0.0024	0.0023	0.0019



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการซึมกับเวลา
แบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 7.5%

ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยอัตราการซึม ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 10%

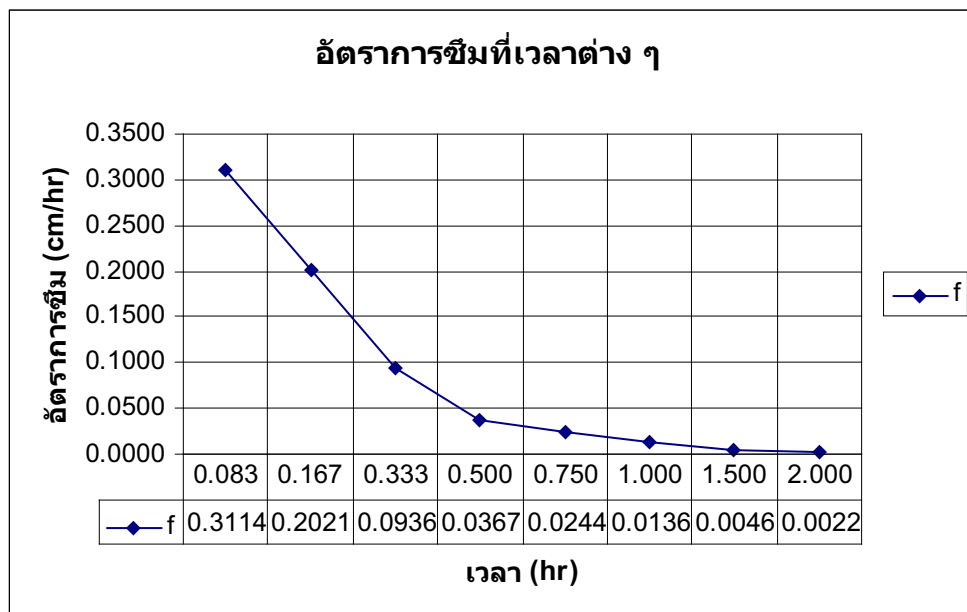
เวลาที่ผ่านไป	Dt	f1	f2	f3	f _{ave}
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	0.3686	0.2923	0.3171	0.3260
10	0.167	0.1536	0.2130	0.1427	0.1698
20	0.333	0.0664	0.0780	0.1016	0.0820
30	0.500	0.0251	0.0347	0.0454	0.0351
45	0.750	0.0160	0.0135	0.0168	0.0155
60	1.000	0.0134	0.0157	0.0120	0.0137
90	1.500	0.0041	0.0048	0.0045	0.0045
120	2.000	0.0023	0.0013	0.0027	0.0021



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการซึมกับเวลา
แบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 10%

ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยอัตราการซึม ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 12.5%

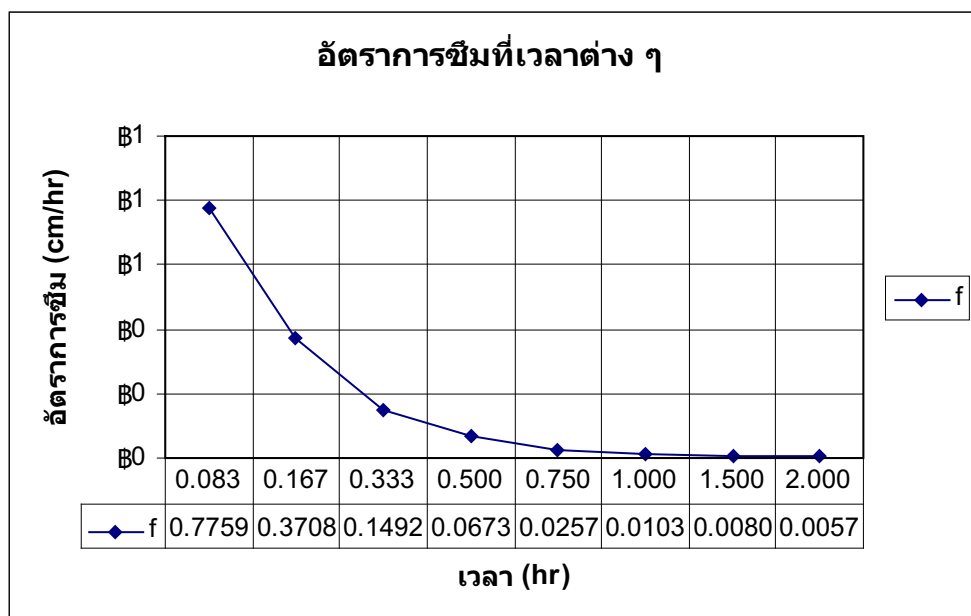
เวลาที่ผ่านไป	Dt	f1	f2	f3	f _{ave}
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	0.3442	0.3093	0.2807	0.3114
10	0.167	0.2012	0.1880	0.2171	0.2021
20	0.333	0.0657	0.0900	0.1250	0.0936
30	0.500	0.0291	0.0402	0.0406	0.0367
45	0.750	0.0165	0.0367	0.0200	0.0244
60	1.000	0.0141	0.0166	0.0102	0.0136
90	1.500	0.0026	0.0069	0.0044	0.0046
120	2.000	0.0014	0.0034	0.0018	0.0022



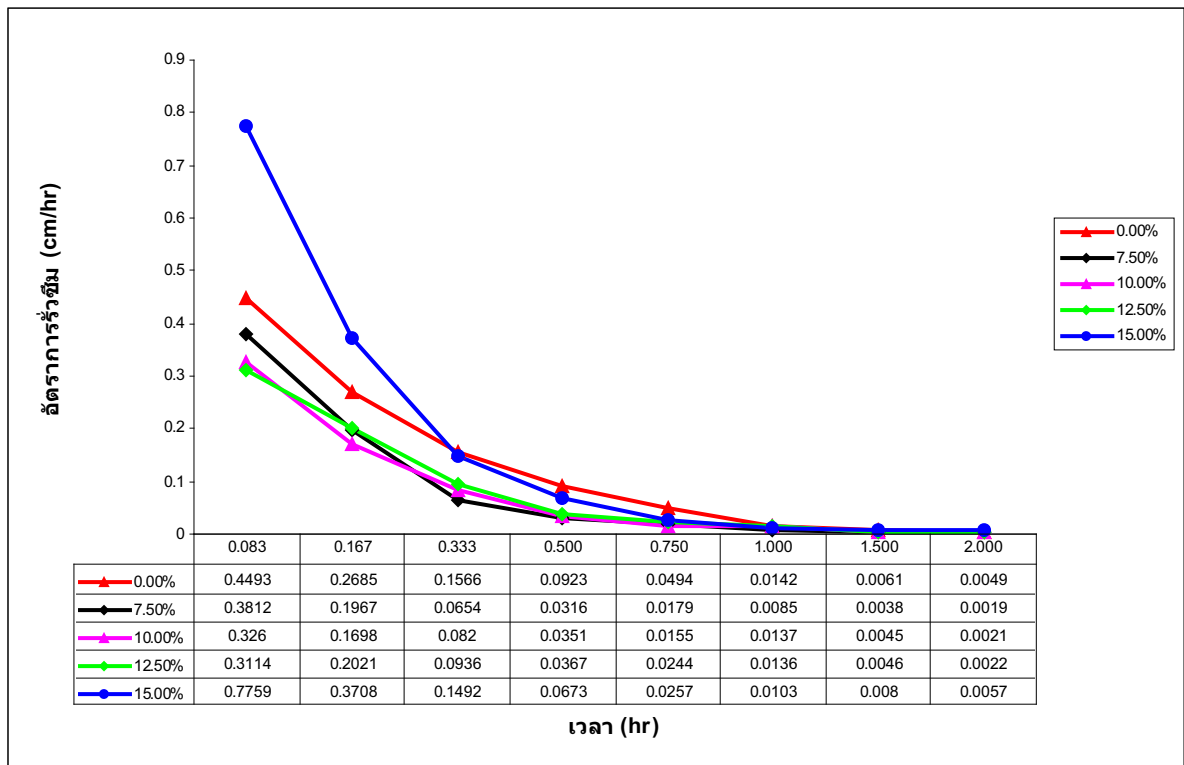
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการซึมกับเวลา
แบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 12.5%

ตารางที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยอัตราการซึม ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 15%

เวลาที่ผ่านไป	Dt	f1	f2	f3	f _{ave}
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	(cm/hr)
0	0	0	0	0	0
5	0.083	0.9194	0.6962	0.7121	0.7759
10	0.167	0.3125	0.3842	0.4156	0.3708
20	0.333	0.1095	0.1653	0.1727	0.1492
30	0.500	0.0452	0.0788	0.0779	0.0673
45	0.750	0.0145	0.0289	0.0337	0.0257
60	1.000	0.0084	0.0115	0.0111	0.0103
90	1.500	0.0074	0.0102	0.0065	0.0080
120	2.000	0.0060	0.0059	0.0050	0.0057



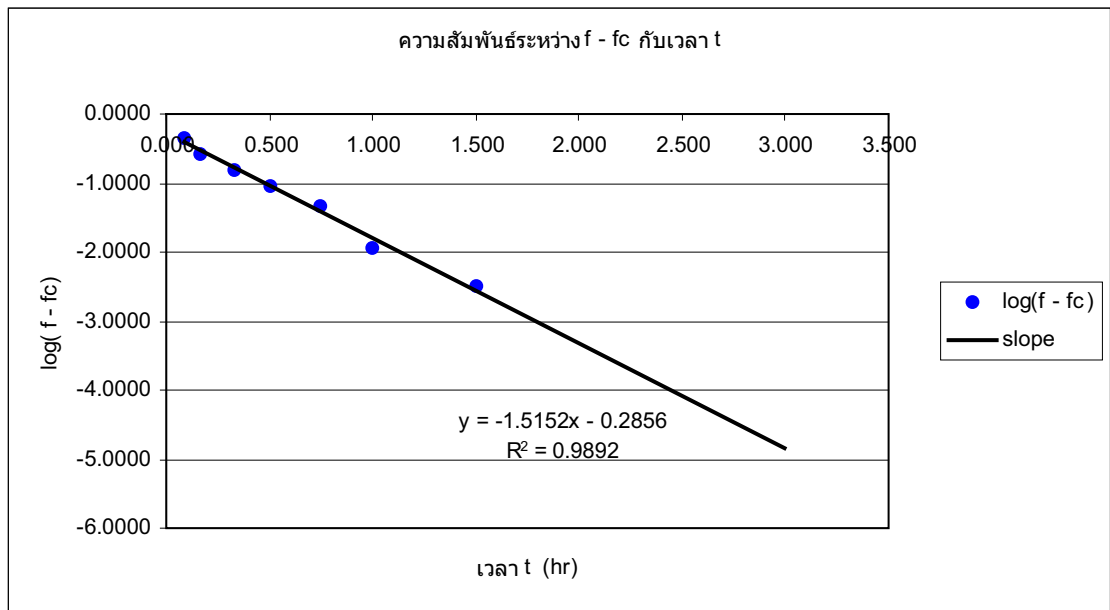
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการซึมกับเวลา
แบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 15%



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการซึมกับเวลา
แบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา 0% 7.5% 10% 12.5% และ 15%

ตารางที่ 4.21 ผลการคำนวณ $f - f_c$ และ $\log(f - f_c)$ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีไม่ส่วนผสมของน้ำยาง

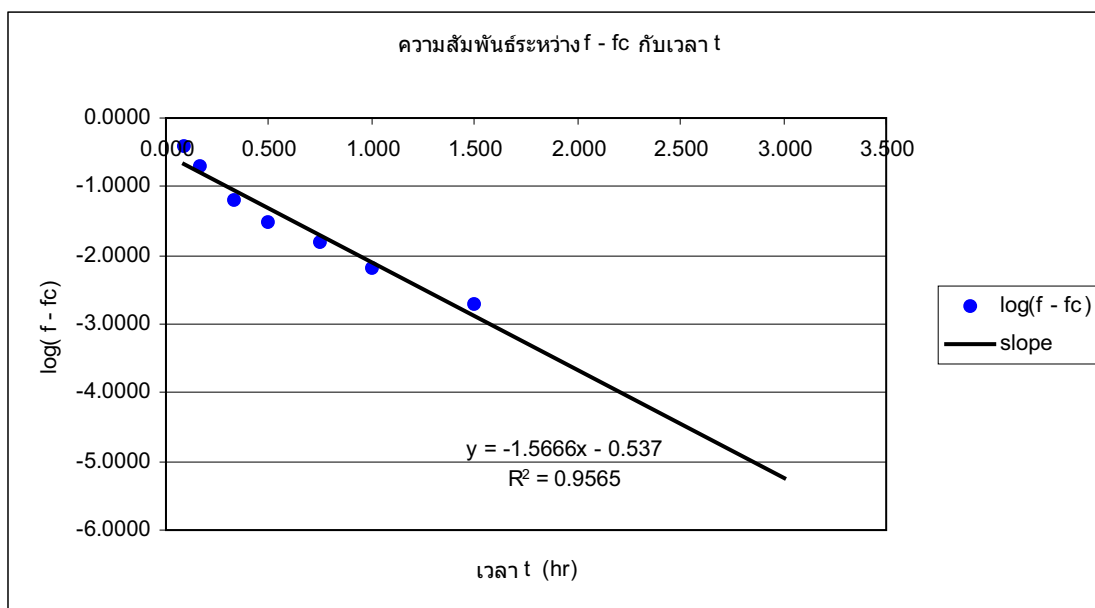
เวลา t		f	f - f _c	log(f - f _c)
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	
0	0	0	0	0
5	0.083	0.4493	0.4464	-0.3503
10	0.167	0.2685	0.2656	-0.5758
20	0.333	0.1566	0.1537	-0.8134
30	0.500	0.0923	0.0894	-1.0486
45	0.750	0.0494	0.0465	-1.3325
60	1.000	0.0142	0.0113	-1.9457
90	1.500	0.0061	0.0032	-2.4990
120	2.000	0.0049	0.0020	0.0000



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log(f - f_c)$ กับเวลา t ของแบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยาง

ตารางที่ 4.22 ผลการคำนวณ $f - f_c$ และ $\log(f - f_c)$ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 7.5%

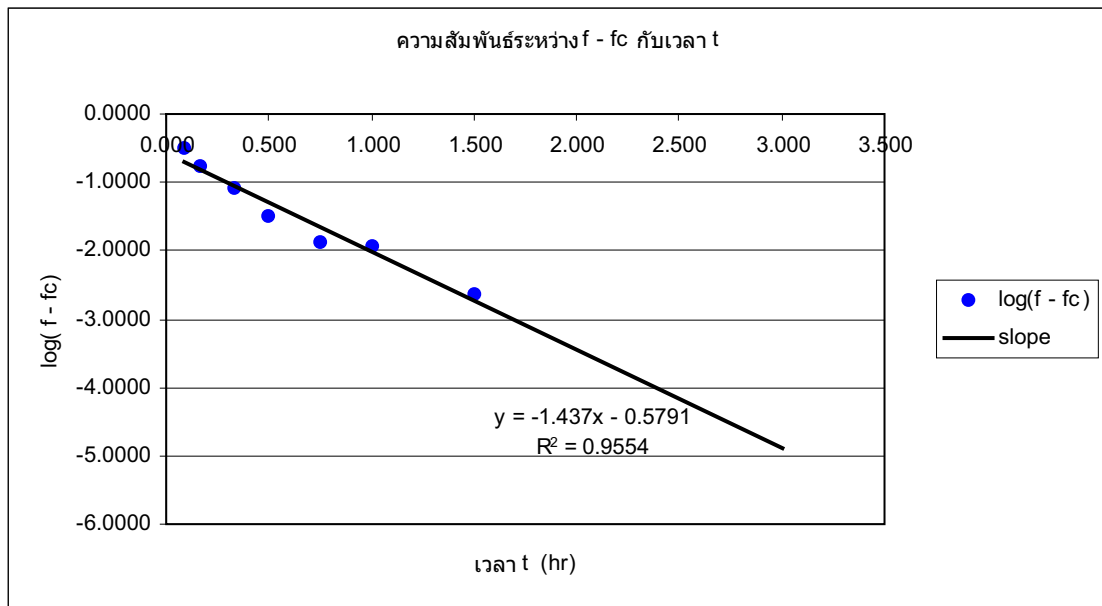
เวลา t		f	$f - f_c$	$\log(f - f_c)$
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	
0	0	0	0	0
5	0.083	0.3812	0.3793	-0.4210
10	0.167	0.1967	0.1948	-0.7104
20	0.333	0.0654	0.0635	-1.1969
30	0.500	0.0316	0.0297	-1.5269
45	0.750	0.0179	0.0161	-1.7941
60	1.000	0.0085	0.0066	-2.1776
90	1.500	0.0038	0.0019	-2.7203
120	2.000	0.0019	0.0000	0.0000



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log(f - f_c)$ กับเวลา t ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของ
น้ำยาง 7.5%

ตารางที่ 4.23 ผลการคำนวณ $f - f_c$ และ $\log(f - f_c)$ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของ
น้ำยาง 10%

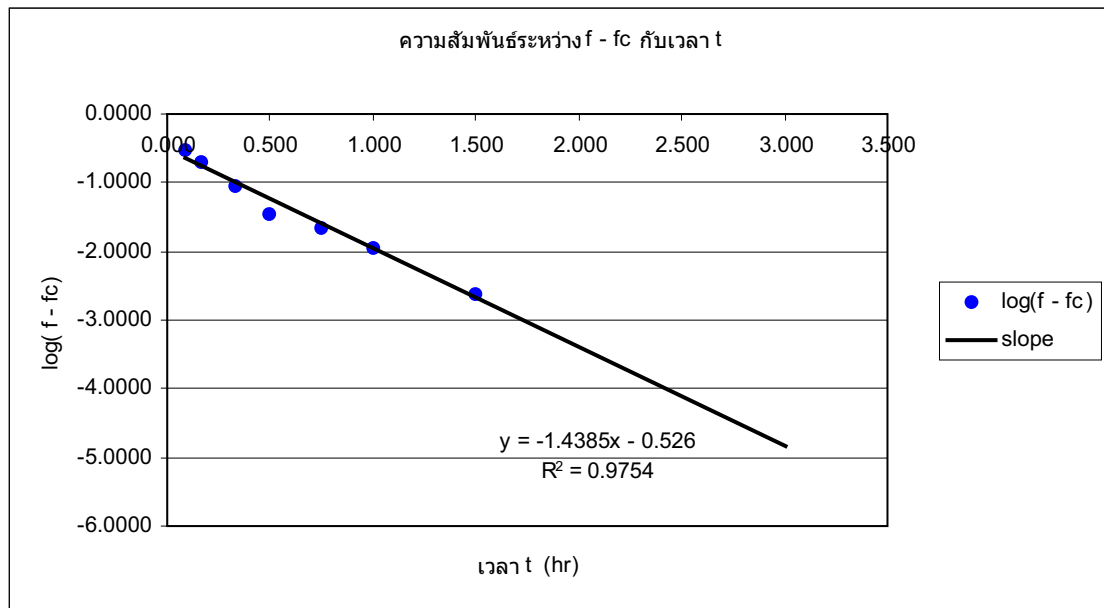
เวลา t		f	$f - f_c$	$\log(f - f_c)$
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	
0	0	0	0	0
5	0.083	0.3260	0.3239	-0.4896
10	0.167	0.1698	0.1677	-0.7756
20	0.333	0.0820	0.0799	-1.0975
30	0.500	0.0351	0.0330	-1.4820
45	0.750	0.0155	0.0133	-1.8747
60	1.000	0.0137	0.0116	-1.9365
90	1.500	0.0045	0.0024	-2.6249
120	2.000	0.0021	0.0000	0.0000



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log(f - f_c)$ กับเวลา t ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 10%

ตารางที่ 4.24 ผลการคำนวณ $f - f_c$ และ $\log(f - f_c)$ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 12.5%

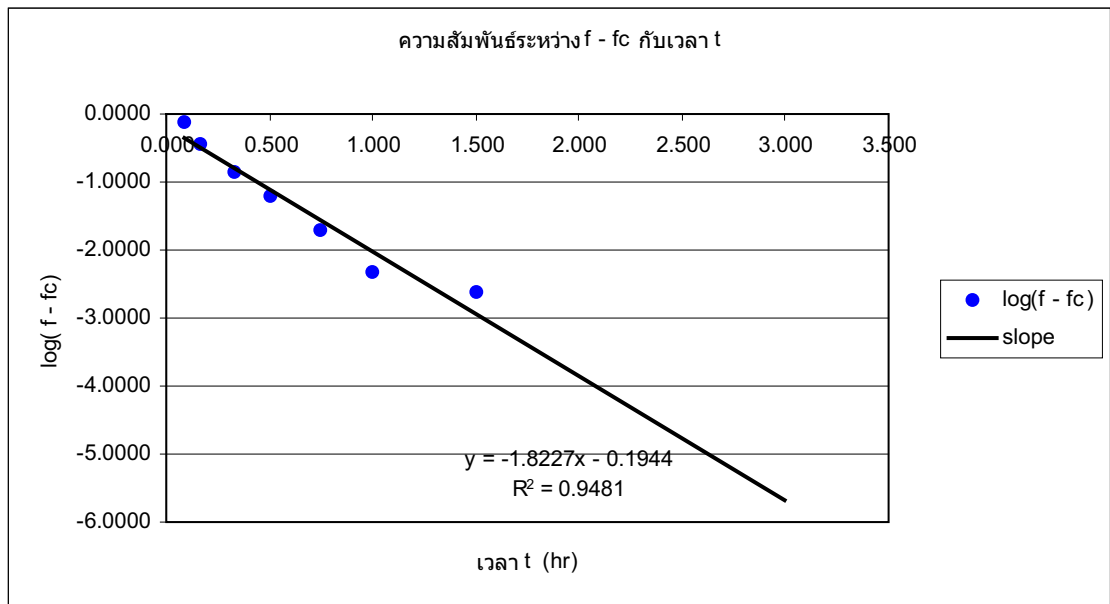
เวลา t		f	$f - f_c$	$\log(f - f_c)$
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	
0	0	0	0	0
5	0.083	0.3114	0.3092	-0.5097
10	0.167	0.2021	0.1999	-0.6991
20	0.333	0.0936	0.0914	-1.0392
30	0.500	0.0367	0.0345	-1.4626
45	0.750	0.0244	0.0222	-1.6535
60	1.000	0.0136	0.0114	-1.9419
90	1.500	0.0046	0.0025	-2.6096
120	2.000	0.0022	0.0000	0.0000



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log(f - f_c)$ กับเวลา t ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของ
น้ำยาง 12.5%

ตารางที่ 4.25 ผลการคำนวณ $f - f_c$ และ $\log(f - f_c)$ ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของ
น้ำยาง 15%

เวลา t		f	$f - f_c$	$\log(f - f_c)$
(min)	(hr)	(cm/hr)	(cm/hr)	
0	0	0	0	0
5	0.083	0.7759	0.7702	-0.1134
10	0.167	0.3708	0.3651	-0.4376
20	0.333	0.1492	0.1435	-0.8431
30	0.500	0.0673	0.0617	-1.2100
45	0.750	0.0257	0.0201	-1.6978
60	1.000	0.0103	0.0047	-2.3298
90	1.500	0.0080	0.0024	-2.6276
120	2.000	0.0057	0.0000	0.0000



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\log(f - f_c)$ กับเวลา t ของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 15%

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการทดลองและรูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการซึม (f) กับเวลา (t) ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่เวลาเริ่มต้นมีอัตราการซึมมีค่ามาก ($f = f_0$) เพราะช่วงในแบบจำลองคลองชลประทาน ที่ทำให้ปริมาณน้ำซึมเข้าไปได้เร็ว และเมื่อเวลาผ่านไป ผ้นกคลองเริ่มเปียกและช่องว่างลดลง ทำให้อัตราการซึมลดลงตามเวลาจนกระทั่งถึงสถานะสมดุลจะมีอัตราการซึม (f) เท่ากับอัตราการซึมที่สถานะสมดุล (f_c)

จากผลการทดลองวัดอัตราการซึม 3 ครั้งในแต่ละแบบจำลอง จะได้ค่าเฉลี่ยของอัตราการซึมของแต่ละแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.16 ถึง ตารางที่ 4.20 นำค่าอัตราการซึม (f) ที่เวลา (t) ต่าง ๆ จากตารางที่ 4.21 ถึง ตารางที่ 4.25 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\log_{10}(f - f_c)$ กับเวลา t ได้กราฟดังแสดงดังรูปที่ 4.7 ถึง รูปที่ 4.11 จะเห็นว่ากราฟเส้นตรงเอียงลง เพราะความลาด m มีค่าเป็นลบ ซึ่งกราฟจะสามารถหาความลาด m ได้ และเมื่อรู้ m ก็สามารถหาค่าคงที่ของการซึม k ได้จาก

$$k = -\frac{1}{m \log_{10} e}$$

ตารางที่ 5.1 ค่าคงที่ของการซึม k ของแบบจำลองคลองชลประทาน

แบบจำลองคลองชลประทาน	ค่าคงที่ของการซึม k (hr^{-1})
ไม่ผสมน้ำยาง	1.29
ผสมน้ำยาง 7.5%	1.47
ผสมน้ำยาง 10%	1.60
ผสมน้ำยาง 12.5%	1.60
ผสมน้ำยาง 15%	1.26

จากข้อมูลตารางที่ 4.21 ถึง ตารางที่ 4.25 และตารางที่ 5.1 สามารถหาสมการการซึม (f) และปริมาณการซึมทั้งหมด (F) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์หามีความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

- 1) แบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยาง

$$\text{สมการอัตราการซึม } f = 0.0049 + 0.5451e^{-1.29t}$$

$$\text{สมการปริมาณการซึมทั้งหมด } F = 0.0049T + \frac{0.5451}{1.29} - \frac{0.5451}{1.29}e^{-1.29t}$$

- 2) แบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 7.5%

$$\text{สมการอัตราการซึม} \quad f = 0.0019 + 0.4381e^{-1.47t}$$

$$\text{สมการปริมาณการซึมทั้งหมด} \quad F = 0.0019T + \frac{0.4381}{1.47} - \frac{0.4381}{1.47}e^{-1.47t}$$

- 3) แบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 10%

$$\text{สมการอัตราการซึม} \quad f = 0.0021 + 0.3979e^{-1.60t}$$

$$\text{สมการปริมาณการซึมทั้งหมด} \quad F = 0.0021T + \frac{0.3979}{1.60} - \frac{0.3979}{1.60}e^{-1.60t}$$

- 4) แบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 12.5%

$$\text{สมการอัตราการซึม} \quad f = 0.0022 + 0.3678e^{-1.60t}$$

$$\text{สมการปริมาณการซึมทั้งหมด} \quad F = 0.0022T + \frac{0.3678}{1.60} - \frac{0.3678}{1.60}e^{-1.60t}$$

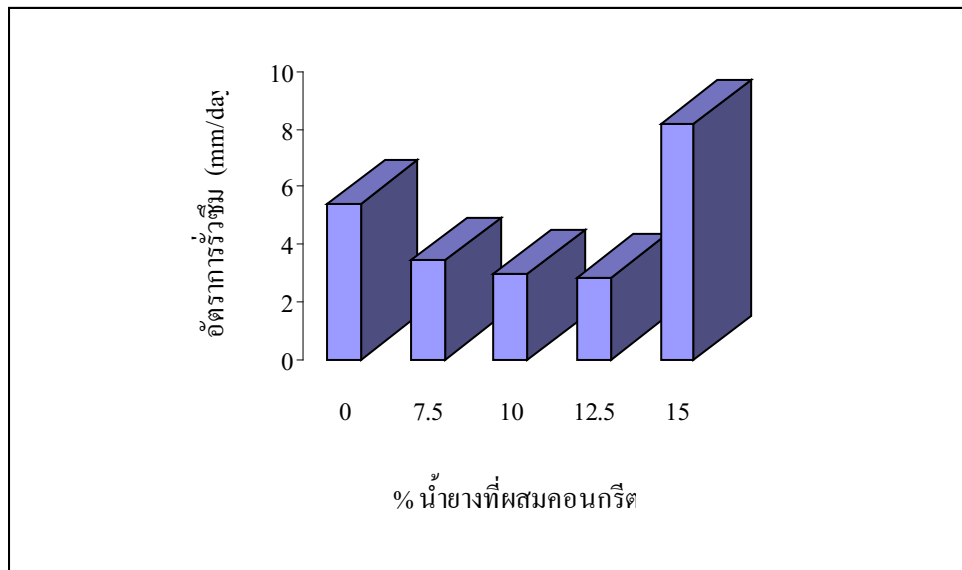
- 5) แบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 15%

$$\text{สมการอัตราการซึม} \quad f = 0.0057 + 0.9143e^{-1.26t}$$

$$\text{สมการปริมาณการซึมทั้งหมด} \quad F = 0.0057T + \frac{0.9143}{1.26} - \frac{0.9143}{1.26}e^{-1.26t}$$

ตารางที่ 5.2 ผลคำนวณการสูญเสียเนื่องจากรั่วซึมในแบบจำลองคลองชลประทาน

แบบจำลองคลองชล ประทาน	อัตราการซึม มม./วัน	อัตราการซึมต่อความยาว คลองหนึ่งเมตร ลบ.ม./วัน
ไม่ผสมน้ำยาง	5.40	0.0070
ผสมน้ำยาง 7.5%	3.43	0.0040
ผสมน้ำยาง 10%	2.99	0.0036
ผสมน้ำยาง 12.5%	2.83	0.0032
ผสมน้ำยาง 15%	8.20	0.0093



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมกับปริมาณน้ำยาง

จากตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.1 พบว่าอัตราการซึมของแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 7.5% 10% และ 12.5% มีค่าอัตราการซึมต่ำกว่าแบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยาง และแบบจำลองคลองชลประทานที่มีส่วนผสมของน้ำยาง 15% มีค่าอัตราการซึมสูงกว่าแบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยาง แสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำยางที่ผสมในคอนกรีตในเปอร์เซ็นต์ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 7.5% - 12.5% สามารถลดอัตราการรั่วซึมของน้ำในคลองชลประทานได้ ถ้าหากใช้น้ำยางที่ผสมในคอนกรีตในเปอร์เซ็นต์มากกว่า 12.5% สำหรับการทดลองใช้ที่ 15% จากผลการวิเคราะห์พบว่า อัตราการรั่วซึมในแบบจำลองคลองชลประทานมีค่าสูงกว่าแบบจำลองที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยาง ซึ่งน่าจะเกิดจากปริมาณเนื้อยางแห้งในเนื้อคอนกรีตที่มากเกินไป เมื่อคอนกรีตแข็งตัวทำให้มีรูพรุนเป็นผลทำให้ปริมาณน้ำซึมผ่านได้มากกว่า และที่สำคัญจากการทดลองพบว่าการใช้ปริมาณน้ำยาง 15% ที่ใช้ผสมในคอนกรีตทำให้คอนกรีตแข็งตัวช้ากว่าปกติใช้เวลาถึง 3 วัน สามารถถอดแบบได้ ปกติจะใช้เวลาเพียงหนึ่งวันสามารถที่จะถอดแบบได้ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำยางที่เหมาะสม ที่ใช้ผสมคอนกรีตควรมีค่าไม่เกิน 12.5% แต่ทั้งนี้ควรที่จะมีการศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังอื่นๆ เช่น กำลังดึง กำลังอัด และกำลังดัด ของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของน้ำยางด้วย เพื่อที่จะได้อัตราส่วนที่เหมาะสมที่มีคุณสมบัติป้องกันการรั่วซึมและความคงทนของการใช้งาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของคุณสมบัติด้านกำลังอื่นๆ เช่น กำลังดึง กำลังอัด และกำลังดัด ของคอนกรีต ซึ่งควรจะนำน้ำยางที่ได้จากการทดลองที่มีอัตราการซึมต่ำกว่าแบบจำลองคลองชลประทานที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำยาง คือปริมาณน้ำยาง 7.5% 10% และ 12.5% มาทำการทำสอบในด้านคุณสมบัติด้านกำลัง เพื่อที่จะได้ตัวแทนอัตราส่วนของน้ำยางที่เหมาะสม
2. ปริมาณน้ำยางที่ใช้ผสมคอนกรีต ไม่ควรเกิน 12.5% ถ้าใช้ปริมาณน้ำยางมากกว่านี้จะทำให้การแข็งตัวของคอนกรีตช้ากว่าปกติและอัตราการซึมก็จะสูงกว่าปกติด้วย
3. สมควรที่จะมีการวิจัยต่อยอดเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านการบำรุงรักษาระบบคลองชลประทานเพื่อป้องกันการรั่วซึม

เอกสารอ้างอิง

- [1] เกษม อินทรสกุล. 2521. การผลิตยางดิบและอุตสาหกรรมยาง งานอุตสาหกรรมยาง ศูนย์วิจัยการยาง เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 9
- [2] ธนาคารกสิกรไทย. 2525. ยางพารา. ส่วนวิชาการสำนักบริหาร เอกสารวิชาการ ปีที่ 2. ฉบับที่ 4
- [3] Cresson, L; British Patent 191, 474; (12 January 1923)
- [4] Critchley Ltd., and A.E. Bond; British Patent 369, 561; (17 March 1932)
- [5] Geist, J.M.; S.V. Amagna; and B.B. Mellor; "IMPROVED PORTLAND CEMENT MORTARS WITH POLYVINYL ACETATE EMULSIONS", Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 45, No. 4, 1953, PP. 759 - 767
- [6] Kunlman, L.A.; "LATEX - MODIFIED CONCRETE FOR REPAIR AND REHABILITATION OF BRIDGES", THE INTERNATIONAL JOURNAL OF CEMENT COMPOSITES & LIGHT WEIGHT CONCRETE, Vol. 7, No. 4, 1985, PP. 217 - 233
- [7] Neville, A.M.; Brooks, JJ.; 1990 Concrete Technology
- [8] Ohama, Y.; "PRINCIPLE OF LATEX MODIFICATION AND SOME TYPICAL PROPERTIES OF LATEX-MODIFIED MORTARS AND CONCRETES", ACI MATERIALS JOURNAL (November - December 1987), Title No. 84-M45, PP. 511 - 518
- [9] Zdanowski, R.E.; Brown, G.L., "FILM FORMING CHARACTERISTICS OF EMULSION POLYMERS", 44th MID-YEAR PROCEEDINGS, CHEMICAL SPECIALTIES MANUFACTURES ASSOCIATION, Washington, D.C., May 1958, PP. 1 - 6
- [10] Ohama, Y.; "POLYMER-MODIFIED MORTAR & CONCRETES", CONCRETE ADMIXTURES HANDBOOK : PROPERTIES, SCIENCE AND TECHNOLOGY, NOYES PUBLICATION, PARK RIDGE (1984) PP. 337-429
- [11] ชัชวาล เศรษฐบุตร. 2540. คอนกรีตเทคโนโลยี. บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด
- [12] กอบเกียรติ ผ่องบุผิ. 2542. การบำรุงรักษาและปฏิบัติการชลประทาน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- [13] วราวุธ วุฒินิชย์. 2537. วรรณคดีแสดงผลการทำงานในการจัดการชลประทาน. วิศวกรรมสาร มก.