

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินการ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีเนื้อหาและผลสรุปครอบคลุมผลกระทบของปัจจัยในแต่ละด้าน ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เริ่มจาก การคัดเลือกโครงการและกลุ่มคลองที่จะใช้เป็นกรณีศึกษา จากนั้นจึงทำการวางแผนการทดสอบและเก็บข้อมูล ทั้งในด้านจำนวนปัจจัย ระยะเวลา ปริมาณ และความถี่ เพื่อจะได้จัดเตรียมบุคลากร และอุปกรณ์ พร้อมทั้งสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดที่จำเป็น ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค. ส่วนงานเก็บข้อมูลในสนามประกอบด้วย การตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง หรือ ค่า n การตรวจวัดปริมาณตะกอนแขวนลอยตามความยาวคลอง การสำรวจหน้าตัดคลอง สำรวจระดับท้องคลอง และระดับตะกอนตกจม เพื่อประเมินปริมาณตะกอนในช่วงตรวจวัดทั้งหมด พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างตะกอนตกจมบางส่วนไปทดสอบคุณสมบัติเพื่อจำแนกประเภท ควบคู่ไปกับการสำรวจความหนาแน่นและตรวจวัดการเจริญเติบโตของวัชพืชน้ำ ตลอดฤดูกาลส่งน้ำ

ขณะเดียวกันได้วางแผนทำการทดสอบแบบจำลองทางกายภาพของการไหลในทางน้ำที่มีวัชพืช ในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดในสนาม จากนั้นนำผลที่ได้ทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาข้อสรุปต่อไป

3.1 การวางแผนการทดสอบ

หลังจากที่ได้พิจารณารายละเอียดของโครงการที่ศึกษา คือ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำปาว จังหวัดกาฬสินธุ์ จากเอกสารแบบก่อสร้างและจากการสำรวจพื้นที่จริง จึงได้พิจารณาเลือกช่วงคลองสำหรับตรวจวัดเก็บข้อมูลสนาม โดยมุ่งที่จะศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยลักษณะทางกายภาพ ปริมาณและอัตราการสะสมของตะกอนดิน รวมทั้งปัจจัยการเจริญเติบโตของวัชพืชน้ำในคลองชลประทาน ในที่สุดพิจารณาจากคลองส่งน้ำ 3 สายคือ 4R-RMC จำนวน 4 ตำแหน่ง 4L-4R-RMC จำนวน 2 ตำแหน่ง และ 6R-RMC จำนวน 2 ตำแหน่ง รวมช่วงตรวจวัดทั้งสิ้น 8 ตำแหน่ง ดังนี้

ตำแหน่ง 4R-01 อยู่ที่คลองส่งน้ำ 4R-RMC กม. 7+100 ถึง 7+611 ระยะทาง 511 เมตร อัตราการไหลออกแบบ 2.76 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณตะกอน และวัชพืชระดับปานกลาง วัชพืชที่พบส่วนใหญ่เป็นตึปสลิ้น

ตำแหน่ง 4R-02 อยู่ที่คลองส่งน้ำ 4R-RMC กม. 9+260 ถึง 9+842 ระยะทาง 582 เมตร อัตราการไหลออกแบบ 2.76 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณตะกอนและวัชพืชระดับปานกลาง วัชพืชที่พบส่วนใหญ่เป็น ตึปสลิ้น และสันตะวาใบข้าว

ตำแหน่ง 4R-03 อยู่ที่คลองส่งน้ำ 4R-RMC กม. 12+684 ถึง 13+473 ระยะทาง 753 เมตร อัตราการไหลออกแบบ 1.93 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณตะกอนระดับปานกลาง และมีวัชพืชสันตะวาใบข้าวกับตึปสลิ้น ขึ้นหนาแน่นในช่วงปลายฤดูส่งน้ำ

ตำแหน่ง 4R-04 อยู่ที่คลองส่งน้ำ 4R-RMC กม. 16+174 ถึง 16+925 ระยะทาง 751 เมตร อัตราการไหลออกแบบ 1.77 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณตะกอนระดับปานกลาง แต่มีวัชพืชขึ้นหนาแน่น โดยวัชพืชส่วนใหญ่เป็นสันตะวาใบข้าว กับสาหร่ายหางกระรอก



ภาพที่ 3.1 สภาพคลองส่งน้ำ 4R-RMC

ตำแหน่ง **4L-4R-01** อยู่บริเวณต้นคลองซอย 4L-4R-RMC กม. 0+040 ถึง 0+510 มีความยาว 470 เมตร อัตราการไหลออกแบบ 0.90 ลบ.ม.ต่อวินาที มีปริมาณตะกอนปานกลาง แต่มีวัชพืชน้ำขึ้นหนาแน่นในช่วงปลายของฤดูส่งน้ำ วัชพืชที่พบส่วนใหญ่เป็น สันตะวาใบข้าว และสาหร่ายทางกระรอก

ตำแหน่ง **4L-4R-02** อยู่ที่คลองซอย 4L-4R-RMC กม. 0+810 ถึง 1+325 ระยะทาง 515 เมตร อัตราการไหลออกแบบ 0.75 ลบ.ม.ต่อวินาที สภาพทั่วไปคล้ายกับช่วง 4L-4R-01 โดยมีปริมาณตะกอน และมีวัชพืชน้ำใกล้เคียงกันกับตำแหน่ง 4L-4R-01



ภาพที่ 3.2 สภาพคลองส่งน้ำ 4L-4R-RMC

ตำแหน่ง **6R-01** อยู่บริเวณต้นคลอง 6R-RMC กม. 0+357 ถึง 1+165 ระยะทาง 808 เมตร อัตราการไหลออกแบบ 2.07 ลบ.ม.ต่อวินาที จากการสำรวจเบื้องต้น พบว่ามีปริมาณตะกอนน้อยที่สุด และมีวัชพืชน้อยที่สุดด้วย จึงกำหนดให้เป็นหน่วยทดลองควบคุม เปรียบเทียบกับคลองที่มีปริมาณตะกอนและวัชพืชมากกว่า

ตำแหน่ง 6R-02 อยู่ที่คลองซอย 6R-RMC กม. 3+085 ถึง 3+625 มีความยาว 540 เมตร อัตราการไหลออกแบบ 1.41 ลบ.ม.ต่อวินาที พบว่ามีปริมาณวัชพืชน้อยเช่นเดียวกับตำแหน่ง 6R-01 แต่มีปริมาณตะกอนมากกว่า จึงกำหนดให้เป็นหน่วยทดลองควบคุมสำหรับปัจจัยวัชพืชน้ำเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 3.3 สภาพคลองส่งน้ำ 6R-RMC

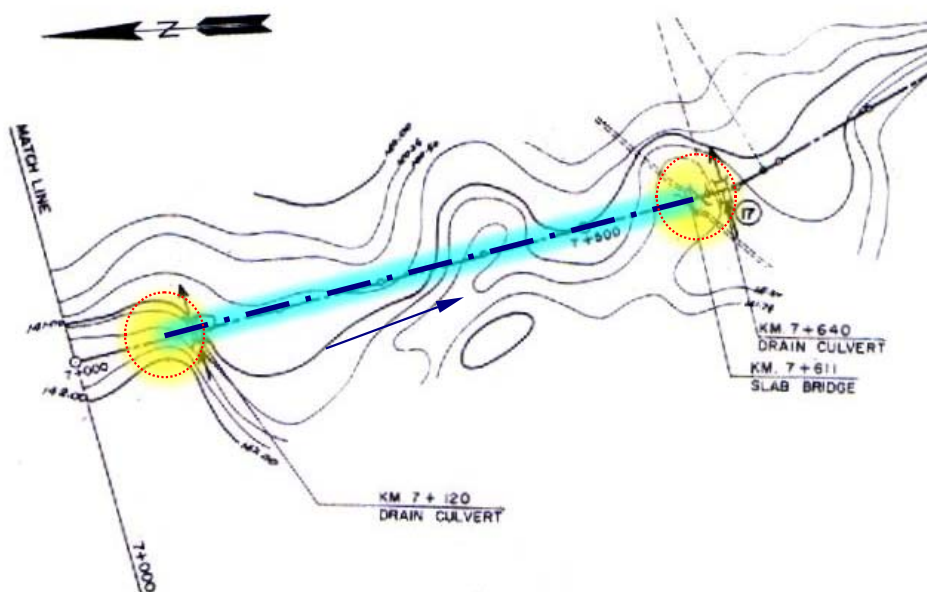
แผนผัง และรูปตัดแสดงลักษณะของคลองส่งน้ำที่ตำแหน่งตรวจวัดทั้ง 8 แห่ง ตามข้อมูลการออกแบบ ได้แสดงไว้ในภาพที่ 3.4 ถึง 3.11

หลังจากที่ได้ทำการกำหนดตำแหน่งตรวจวัดทั้ง 8 แห่งแล้ว ทำการวางแผนกำหนดระยะเวลา และความถี่ของการตรวจวัดข้อมูลในสนาม ดังนี้

- 1.) สักรวจระดับท้องคลองคอนกรีต และระดับตะกอนตกจมที่ตำแหน่งตรวจวัดทั้ง 8 แห่ง เมื่อสิ้นสุดฤดูส่งน้ำแต่ละช่วง จำนวน 3 ครั้ง
- 2.) ตรวจวัดกระแสน้ำ อัตราการไหล และคำนวณค่า n ตลอดระยะเวลาการส่งน้ำ ในฤดูแล้ง 8 ครั้ง ฤดูฝนอีก 8 ครั้ง รวม 16 ครั้ง ต่อช่วงคลอง 1 ตำแหน่ง
- 3.) ตรวจวัดความหนาแน่นและความสูงเฉลี่ยของวัชพืช ระหว่างการส่งน้ำในฤดูแล้ง 4 ครั้ง ฤดูฝนอีก 4 ครั้ง รวม 8 ครั้ง ต่อช่วงคลอง 1 ตำแหน่ง
- 4.) เก็บตัวอย่างน้ำคลอง เพื่อวัดปริมาณตะกอนแขวนลอย จากคลอง 4 สาย คือ RMC 4R-RMC 4L-4R-RMC และ 6R-RMC ระหว่างการส่งน้ำในฤดูแล้ง 2 ครั้ง และฤดูฝน 2 ครั้ง รวม 4 ครั้ง ต่อคลอง 1 สาย
- 5.) เก็บตัวอย่างดินตะกอนตกจม เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และจำแนกประเภทดินตะกอน ในห้องปฏิบัติการ

เมื่อทำการกำหนดตำแหน่งคลองตัวอย่าง และวางแผนกำหนดระยะเวลาตรวจวัดข้อมูลในแต่ละด้านแล้ว จะต้องศึกษารายละเอียดปลีกย่อยต่างๆ เพื่อเตรียมการจัดหาบุคลากรผู้ช่วย จัดหาห้องปฏิบัติการทดสอบ จัดหาอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล และทำการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัด ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค.

รูปแปลนของช่วงตรวจวัดที่ 4R-01



ลักษณะของคลอง ตามข้อมูลออกแบบ

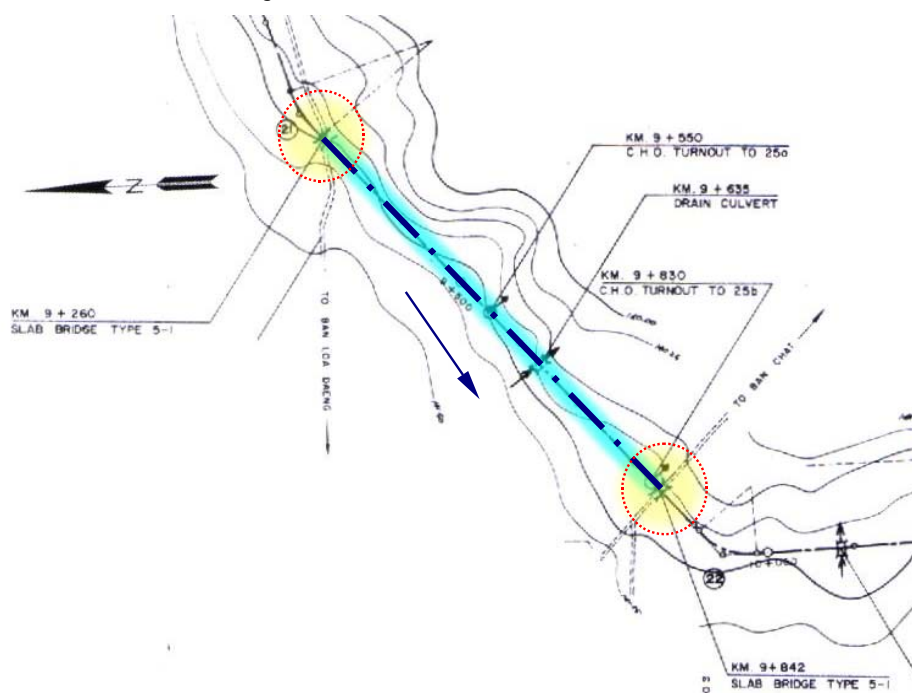
หน้าตัดด้านเหนือน้ำ		หน้าตัดด้านท้ายน้ำ	
ระดับผิวน้ำ =	7+100	ระดับผิวน้ำ =	7+611
141.447 ม.รทก.		141.396 ม.รทก.	
ระดับท้องคลอง =		ระดับท้องคลอง =	
140.172 ม.รทก.	ความลาดท้องคลอง ; $S_o = 0.01\%$	140.121 ม.รทก.	
ระยะทางระหว่างหน้าตัด = 511 เมตร			

ขนาด และลักษณะทางชลศาสตร์

	ความกว้างท้องคลอง ; B =	2.000 เมตร
	ความลึกน้ำ ; d =	1.275 เมตร
	ความลึกคอนกรีต ; H_c =	1.500 เมตร
	ความสูงถึงคันคลอง ; H_t =	1.900 เมตร
	สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ; n =	0.015
	พื้นที่หน้าตัด ; A =	4.988 ตร.ม.
ความเร็ว ; V =		0.553 ม./วินาที
อัตราการไหล ; Q =		2.760 ลบ.ม./วินาที

ภาพที่ 3.4 ลักษณะของคลอง 4R-RMC ช่วงตำแหน่งตรวจวัดที่ 4R-01

รูปแปลนของช่วงตรวจวัดที่ 4R-02

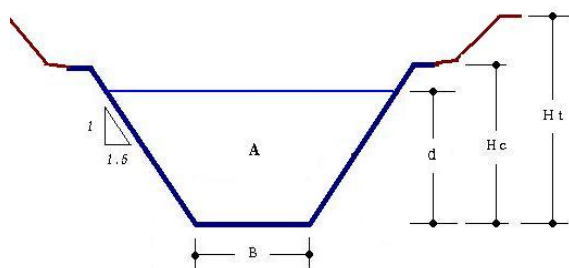


ลักษณะของคลอง ตามข้อมูลออกแบบ

หน้าตัดด้านเหนือน้ำ

9+260	หน้าตัดด้านท้ายน้ำ
ระดับผิวน้ำ =	9+842
141.231 ม.รทก.	ระดับผิวน้ำ =
ระดับท้องคลอง =	141.172 ม.รทก.
139.956 ม.รทก.	ระดับท้องคลอง =
ความลาดท้องคลอง ; $S_o = 0.01\%$	
	139.897 ม.รทก.
ระยะทางระหว่างหน้าตัด = 582 เมตร	

ขนาด และลักษณะทางชลศาสตร์



ความกว้างท้องคลอง ; $B = 2.000$ เมตร

ความลึกน้ำ ; $d = 1.275$ เมตร

ความลึกคอนกรีต ; $H_c = 1.500$ เมตร

ความสูงถึงคันคลอง ; $H_t = 1.900$ เมตร

สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ; $n = 0.015$

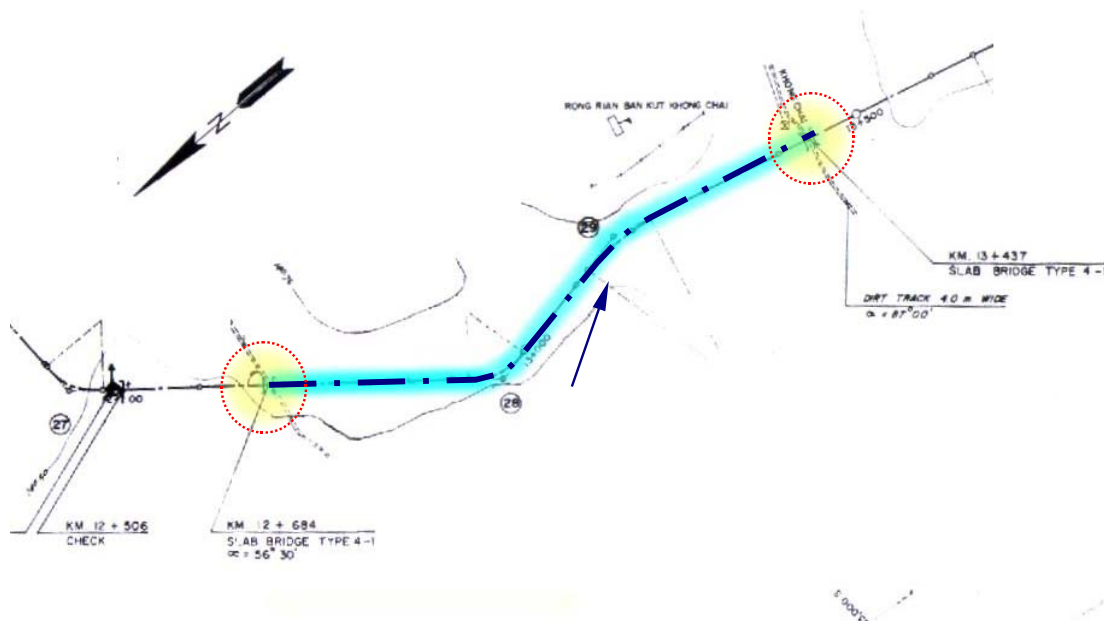
พื้นที่หน้าตัด ; $A = 4.988$ ตร.ม.

ความเร็ว ; $V = 0.553$ ม./วินาที

อัตราการไหล ; $Q = 2.760$ ลบ.ม./วินาที

ภาพที่ 3.5 ลักษณะของคลอง 4R-RMC ช่วงตำแหน่งตรวจวัดที่ 4R-02

รูปแปลนของช่วงตรวจวัดที่ 4R-03

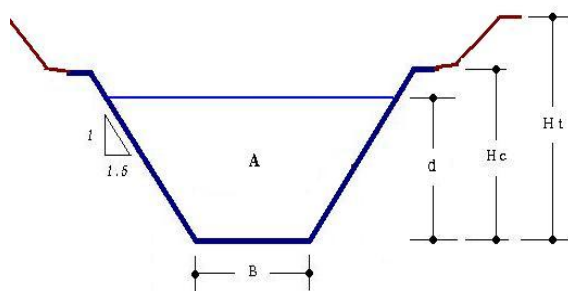


ลักษณะของคลอง ตามข้อมูลออกแบบ

หน้าตัดด้านเหนือน้ำ

12+684	หน้าตัดด้านท้ายน้ำ
ระดับผิวน้ำ =	13+437
140.828 ม.รทก.	ระดับผิวน้ำ =
ระดับท้องคลอง =	140.753 ม.รทก.
139.726 ม.รทก.	ระดับท้องคลอง =
ความลาดท้องคลอง ; $S_o = 0.01\%$	
	139.651 ม.รทก.
ระยะทางระหว่างหน้าตัด = 753 เมตร	

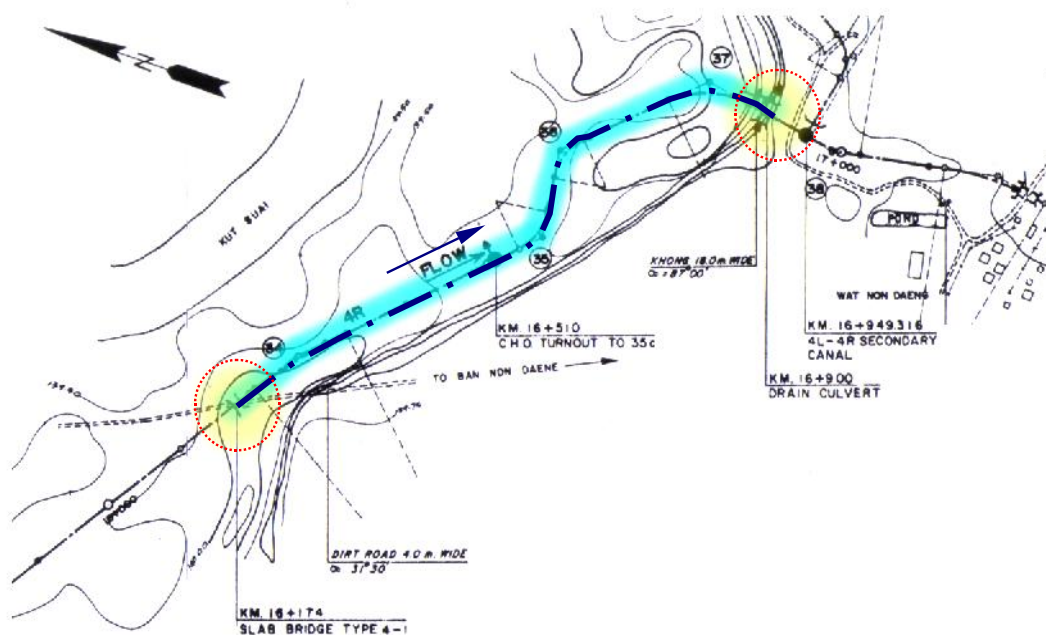
ขนาด และลักษณะทางชลศาสตร์



ความกว้างท้องคลอง ; B =	1.800 เมตร
ความลึกน้ำ ; d =	1.102 เมตร
ความลึกคอนกรีต ; H_c =	1.300 เมตร
ความสูงถึงคันคลอง ; H t =	1.650 เมตร
สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ; n =	0.015
พื้นที่หน้าตัด ; A =	3.805 ตร.ม.
ความเร็ว ; V =	0.505 ม./วินาที
อัตราการไหล ; Q =	1.921 ลบ.ม./วินาที

ภาพที่ 3.6 ลักษณะของคลอง 4R-RMC ช่วงตำแหน่งตรวจวัดที่ 4R-03

รูปแปลนของช่วงตรวจวัดที่ 4R-04



ลักษณะของคลอง ตามข้อมูลออกแบบ

หน้าตัดด้านเหนือ

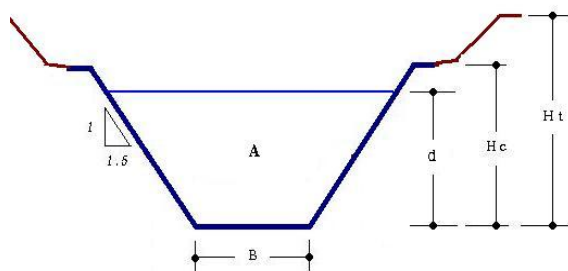
ระดับผิวน้ำ =	16+174
140.449 ม.รทก.	
ระดับท้องคลอง =	
139.350 ม.รทก.	

หน้าตัดด้านท้ายน้ำ

ระดับผิวน้ำ =	16+925
140.374 ม.รทก.	
ระดับท้องคลอง =	
139.275 ม.รทก.	

ระยะทางระหว่างหน้าตัด = 751 เมตร

ขนาด และลักษณะทางชลศาสตร์



ความกว้างท้องคลอง ; B = 1.800 เมตร

ความลึกน้ำ ; d = 1.099 เมตร

ความลึกคอนกรีต ; H_c = 1.300 เมตร

ความสูงถึงคันคลอง ; H_t = 1.650 เมตร

สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ; n = 0.015

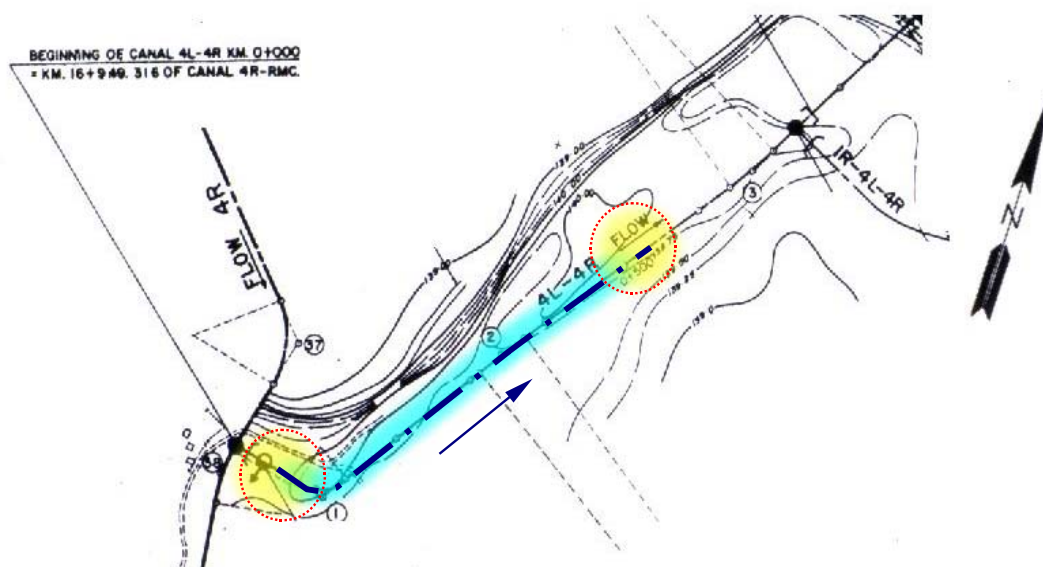
พื้นที่หน้าตัด ; A = 3.570 ตร.ม.

ความเร็ว ; V = 0.496 ม./วินาที

อัตราการไหล ; Q = 1.771 ลบ.ม./วินาที

ภาพที่ 3.7 ลักษณะของคลอง 4R-RMC ช่วงตำแหน่งตรวจวัดที่ 4R-04

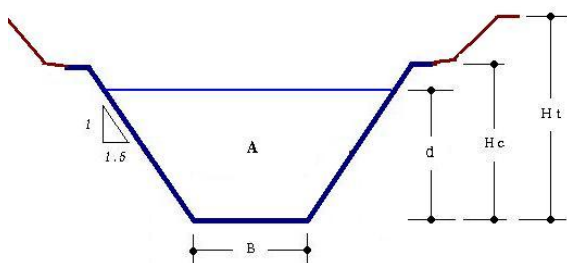
รูปแปลนของช่วงตรวจวัดที่ 4L-4R-01



ลักษณะของคลอง ตามข้อมูลออกแบบ

หน้าตัดด้านเหนือ		หน้าตัดด้านท้ายน้ำ	
ระดับผิวน้ำ =	0+040	ระดับผิวน้ำ =	0+510
140.149 ม.รทก.		140.078 ม.รทก.	
ระดับท้องคลอง =		ระดับท้องคลอง =	
139.369 ม.รทก.		139.298 ม.รทก.	
ระยะทางระหว่างหน้าตัด = 470 เมตร		ความลาดท้องคลอง ; $S_o = 0.015\%$	

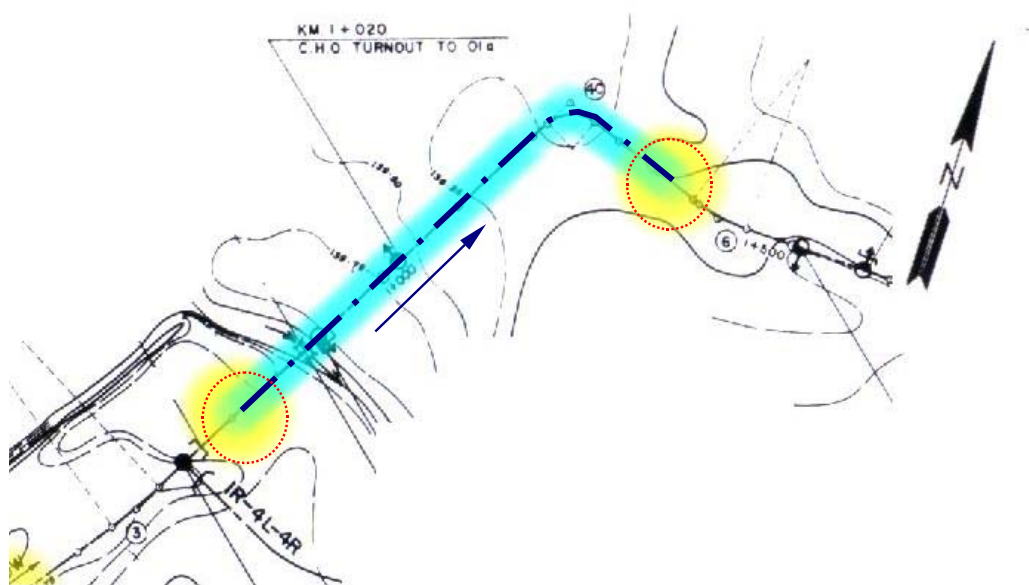
ขนาด และลักษณะทางชลศาสตร์



ความกว้างท้องคลอง ; B =	1.200 เมตร
ความลึกน้ำ ; d =	0.780 เมตร
ความลึกคอนกรีต ; H_c =	1.000 เมตร
ความสูงถึงคันคลอง ; H t =	1.250 เมตร
สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ; n =	0.015
พื้นที่หน้าตัด ; A =	1.849 ตร.ม.
ความเร็ว ; V =	0.487 ม./วินาที
อัตราการไหล ; Q =	0.900 ลบ.ม./วินาที

ภาพที่ 3.8 ลักษณะของคลอง 4L-4R-RMC ช่วงตำแหน่งตรวจวัดที่ 4L-4R-01

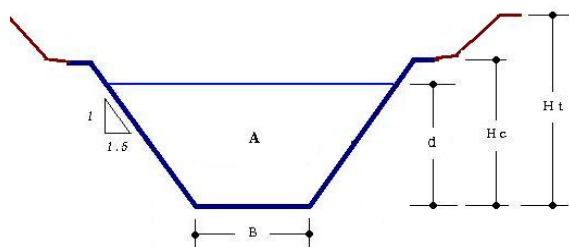
รูปแปลนของช่วงตรวจวัดที่ 4L-4R-02



ลักษณะของคลอง ตามข้อมูลออกแบบ

หน้าตัดด้านเหนือ		หน้าตัดด้านท้ายน้ำ	
ระดับผิวน้ำ =	0+810	ระดับผิวน้ำ =	1+325
140.003 ม.รทก.		ระดับผิวน้ำ =	139.926 ม.รทก.
ระดับท้องคลอง =		ระดับท้องคลอง =	
139.249 ม.รทก.		139.172 ม.รทก.	
		ความลาดท้องคลอง ; $S_o = 0.015\%$	
ระยะทางระหว่างหน้าตัด =		515 เมตร	

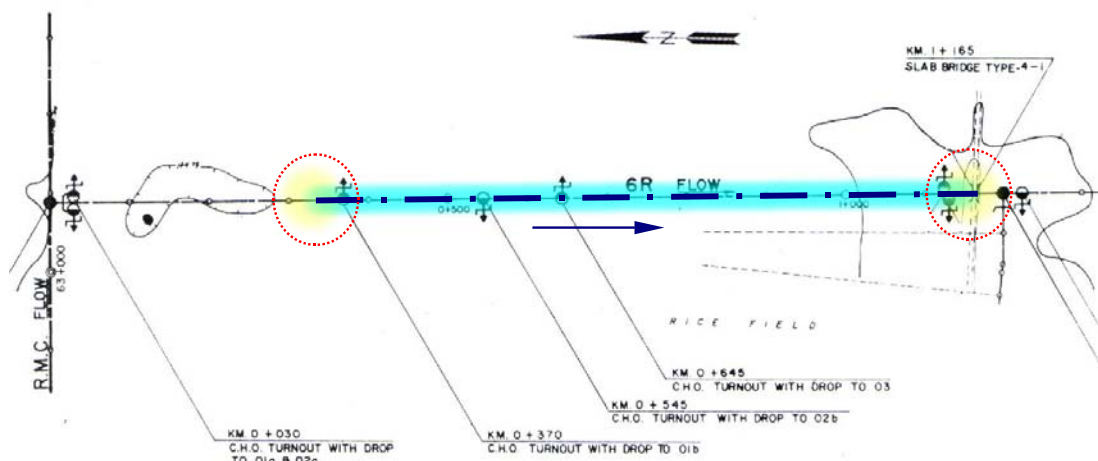
ขนาด และลักษณะทางชลศาสตร์



ความกว้างท้องคลอง ; B =	1.000 เมตร
ความลึกน้ำ ; d =	0.754 เมตร
ความลึกคอนกรีต ; $H_c =$	0.950 เมตร
ความสูงถึงคันคลอง ; $H_t =$	1.200 เมตร
สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ; $n =$	0.015
พื้นที่หน้าตัด ; A =	1.607 ตร.ม.
ความเร็ว ; V =	0.467 ม./วินาที
อัตราการไหล ; Q =	0.750 ลบ.ม./วินาที

ภาพที่ 3.9 ลักษณะของคลอง 4L-4R-RMC ช่วงตำแหน่งตรวจวัดที่ 4L-4R-02

รูปแปลนของช่วงตรวจวัดที่ 6R-01

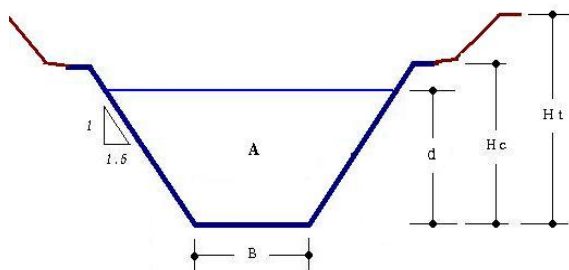


ลักษณะของคลอง ตามข้อมูลออกแบบ

หน้าตัดด้านเหนือน้ำ

0+357	หน้าตัดด้านท้ายน้ำ
ระดับผิวน้ำ =	1+165
141.375 ม.รทก.	ระดับผิวน้ำ =
ระดับท้องคลอง =	141.294 ม.รทก.
140.231 ม.รทก.	ระดับท้องคลอง =
ความลาดท้องคลอง ; $S_o = 0.01\%$	
	140.150 ม.รทก.
ระยะทางระหว่างหน้าตัด = 808 เมตร	

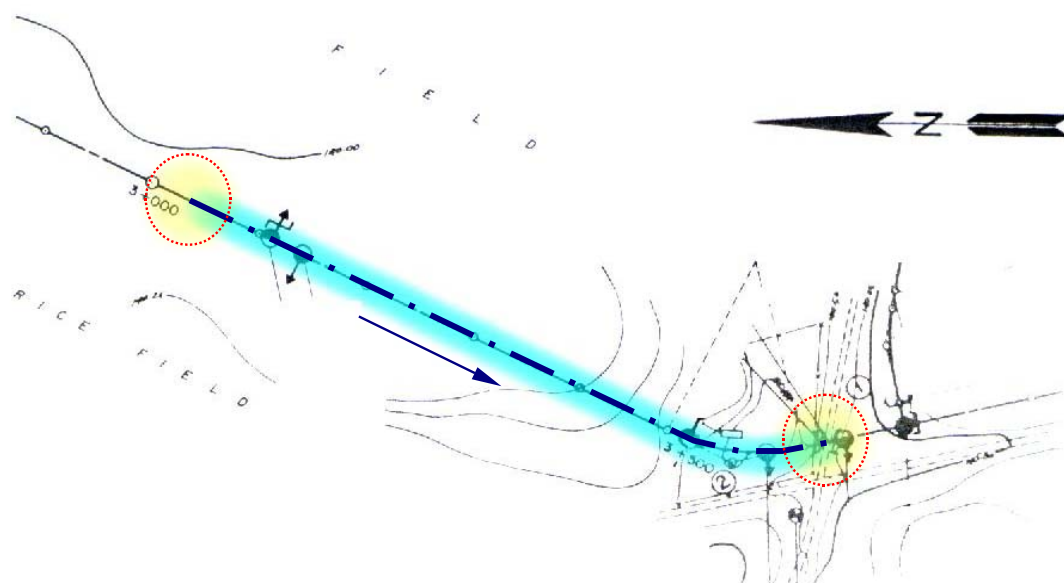
ขนาด และลักษณะทางชลศาสตร์



ความกว้างท้องคลอง ; B =	1.350 เมตร
ความลึกน้ำ ; d =	1.144 เมตร
ความลึกคอนกรีต ; H_c =	1.350 เมตร
ความสูงถึงคันคลอง ; H t =	1.700 เมตร
สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ; n =	0.015
พื้นที่หน้าตัด ; A =	4.022 ตร.ม.
ความเร็ว ; V =	0.515 ม./วินาที
อัตราการไหล ; Q =	2.070 ลบ.ม./วินาที

ภาพที่ 3.10 ลักษณะของคลอง 6R-RMC ช่วงตำแหน่งตรวจวัดที่ 6R-01

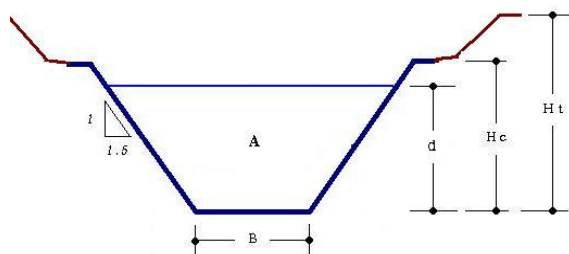
รูปแปลนของช่วงตรวจวัดที่ 6R-02



ลักษณะของคลอง ตามข้อมูลออกแบบ

หน้าตัดด้านเหนือ		หน้าตัดด้านท้ายน้ำ	
3+085		3+625	
ระดับผิวน้ำ =		ระดับผิวน้ำ =	
140.987 ม.รทก.		140.933 ม.รทก.	
ระดับท้องคลอง =		ระดับท้องคลอง =	
140.005 ม.รทก.		139.951 ม.รทก.	
		ความลาดท้องคลอง ; $S_o = 0.01\%$	
ระยะทางระหว่างหน้าตัด =		540 เมตร	

ขนาด และลักษณะทางชลศาสตร์



ความกว้างท้องคลอง ; B =	1.200 เมตร
ความลึกน้ำ ; d =	0.982 เมตร
ความลึกคอนกรีต ; H_c =	1.200 เมตร
ความสูงถึงคันคลอง ; H t =	1.450 เมตร
สัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ; n =	0.015
พื้นที่หน้าตัด ; A =	3.018 ตร.ม.
ความเร็ว ; V =	0.467 ม./วินาที
อัตราการไหล ; Q =	1.410 ลบ.ม./วินาที

ภาพที่ 3.11 ลักษณะของคลอง 6R-RMC ช่วงตำแหน่งตรวจวัดที่ 6R-02

3 การตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิง

การตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิง (ค่า n) ในสนามจริง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งค่า n ของคลองตัวอย่างที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ในสภาวะที่มีปริมาณตะกอนท้องน้ำ และการเจริญเติบโตของวัชพืชน้ำ ระดับต่างกัน ตามระยะเวลาใดๆ ของฤดูการส่งน้ำ การดำเนินการในสนามประกอบไปด้วย การจัดเตรียมบุคลากรและอุปกรณ์ การสำรวจรูปตัดคลอง การวัดกระแสน้ำ วัดความลาดชันของผิวน้ำ แล้วจึงนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ n สำหรับคลองแต่ละช่วงต่อไป

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัด หาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง

- 1.) เครื่องวัดกระแสน้ำ (current meter)
- 2.) นาฬิกาจับเวลา
- 3.) ตลับเมตร เทปเหล็ก และลูกดิ่ง
- 4.) กล้องระดับพร้อมขา
- 5.) ไม้สตาฟ วัดระดับ

3.2.2 การสำรวจหารูปตัดคลอง

แบ่งความกว้างของคลองออกเป็น 10 ช่วง เท่าๆ กัน จากนั้นวัดความลึกจริงของน้ำในแต่ละช่วงความกว้าง โดยใช้กล้องระดับอ่านค่าจากไม้สตาฟเทียบกับจุดระดับอ้างอิงและระดับผิวน้ำ แล้วบันทึกข้อมูลรูปตัดคลองดังกล่าว จะทำให้เราทราบความลึกตัวแทนของแต่ละช่วง ซึ่งจะนำมาแบ่งจุดตรวจวัดความเร็วการไหลของน้ำ นำมาหาค่าเส้นขอบเปียก และหาค่าความลึกของตะกอนตกจมท้องน้ำได้



ภาพที่ 3.12 การสำรวจระดับหมุดอ้างอิงชั่วคราวและการวัดหน้าตัดการไหล

3.2.3 การวัดกระแสน้ำ

ที่ตำแหน่งหน้าตัดคลอง ก่อนที่จะทำการตรวจวัด จะต้องทำการแบ่งรูปตัดออกเป็นช่วงๆ ตามความกว้าง ประมาณ 10 ช่วง เท่าๆ กัน แล้วจึงทำการวัดค่าความเร็วเฉลี่ยของน้ำในแต่ละช่วง ซึ่งจะต้องทำการวัดในตำแหน่งความลึกต่าง ๆ แปรผันตามความลึกของน้ำในจุดตรวจวัด ดังนี้

ความลึก (d) ไม่เกิน 0.60 เมตร วัดที่ตำแหน่ง $0.6d$

$0.60 < d \leq 1.00$ เมตร วัดที่ตำแหน่ง $0.2d$ และ $0.8d$

$1.00 < d \leq 2.50$ เมตร วัดที่ตำแหน่ง $0.2d$ $0.6d$ และ $0.8d$

$d > 2.50$ เมตร วัดที่ตำแหน่ง d_s $0.2d$ $0.4d$ $0.6d$ $0.8d$ และ d_b

เมื่อ d_s เป็นตำแหน่งบริเวณใกล้ผิวน้ำ วัดที่ความลึก 0.20 เมตร จากผิวน้ำ และ d_b เป็นตำแหน่งบริเวณใกล้ท้องน้ำ วัดที่ความลึก 0.30 เมตร จากท้องน้ำ จุดตรวจวัดกระแสน้ำตามระดับความลึกของน้ำได้แสดงไว้ในภาพที่ 3.13 การบันทึกข้อมูลใช้แบบรายงานผลการสำรวจความเร็วน้ำ ดังแสดงในภาคผนวก ก. จากนั้นทำการคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ยในช่วงลูกตั้งแต่ละช่วง และความเร็วเฉลี่ยของหน้าตัด เป็นลำดับต่อไป

วิธีการคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยของลูกตั้งแต่ละช่วง จะต้องทราบความลึกของน้ำที่จุดนั้นก่อน จึงทำการกำหนดตำแหน่ง และจำนวนของการวัดในแต่ละช่วงได้ ความลึกที่พิจารณาแบ่งเป็น 4 ระดับดังนี้

ถ้าความลึก d ไม่เกิน 0.6 เมตร ตรวจวัดจุดเดียวที่ตำแหน่ง $(0.6)d$ จะได้

$$V_i = V_{d(0.6)} \quad (3.1)$$

เมื่อ V_i คือความเร็วเฉลี่ย ของลูกตั้งในแต่ละแถว

$V_{d(0.6)}$ คือความเร็วน้ำ ตรวจวัดที่ระดับความลึก 60% ของความลึกน้ำ

กรณีที่มีความลึก d อยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 1.0 เมตร ทำการวัดค่า 2 จุด และหาค่า V_i ได้จาก

$$V_i = \frac{V_{d(0.2)} + V_{d(0.8)}}{2} \quad (3.2)$$

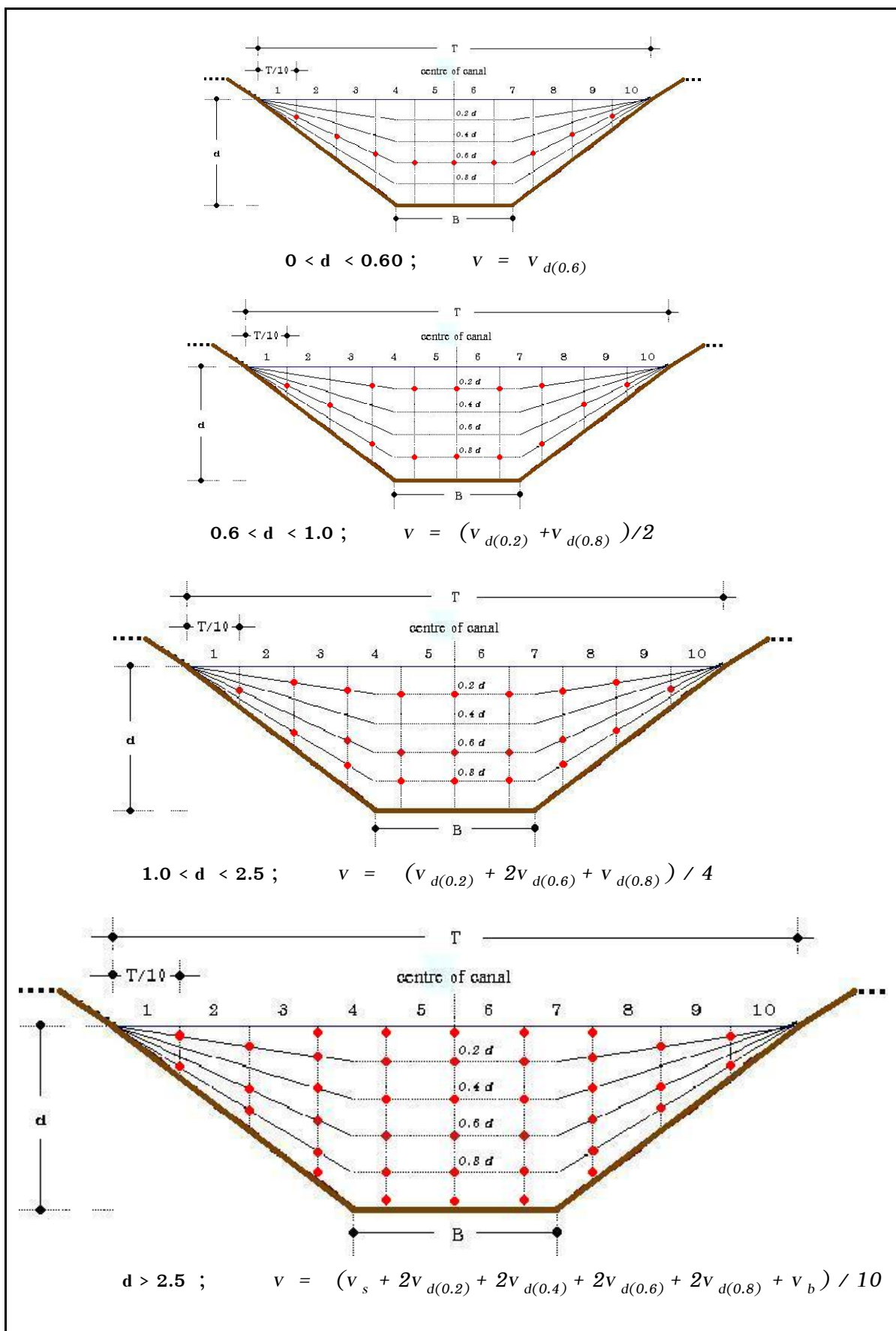
เมื่อ $V_{d(0.2)}$ คือความเร็วตรวจวัดที่ระดับความลึก 20 % ของความลึกน้ำ

$V_{d(0.8)}$ คือความเร็วตรวจวัดที่ระดับความลึก 80 % ของความลึกน้ำ

ถ้าความลึก d มีค่าระหว่าง 1.0 ถึง 2.5 เมตร ทำการวัดค่า 3 จุดที่ตำแหน่ง $(0.2)d$ $(0.6)d$ และ $(0.8)d$ จะหาค่า V_i ได้จาก

$$V_i = \frac{V_{d(0.2)} + 2 V_{d(0.6)} + V_{d(0.8)}}{4} \quad (3.3)$$

และถ้าความลึก d มีค่ามากกว่า 2.5 เมตร วัดค่า 5 จุด โดยเพิ่มการตรวจวัดที่ตำแหน่ง $(0.4)d$ ตำแหน่งผิวน้ำ และตำแหน่งท้องน้ำ ค่าความเร็วเฉลี่ยจะหาได้จาก



ภาพที่ 3.13 รูปตัดแสดงจุดตรวจวัดกระแสน้ำ และการหาความเร็วเฉลี่ย ตามความลึกของน้ำ

$$V_i = \frac{v_s + 2 v_{d(0.2)} + 2 v_{d(0.4)} + 2 v_{d(0.6)} + 2 v_{d(0.8)} + v_b}{10} \quad (3.4)$$

โดยที่ v_s เป็นความเร็วที่ผิวน้ำ วัดที่ความลึก 0.2 เมตร จากผิวน้ำ
 v_b เป็นความเร็วที่ท้องน้ำ วัดที่ความลึก 0.3 เมตร จากท้องน้ำ

จากนั้น สามารถหาอัตราการไหลของลูกตั่งแต่ละแถว (Q_n) ได้จาก

$$Q_i = A_i \times v_i \quad (3.5)$$

เมื่อ A_i เป็นพื้นที่หน้าตัดของลูกตั่งแต่ละแถว

เมื่อรวมผลของ Q_i ทั้งหมดก็จะได้อัตราการไหลทั้งหน้าตัด เช่นเดียวกันกับพื้นที่หน้าตัดรวม จะหาได้จากผลรวมของ A_i นำค่าทั้งสองมาหาความเร็วของหน้าตัดการไหล v ได้จาก

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n Q_n}{\sum_{i=1}^n A_n} \quad (3.6)$$

ตัวอย่างการบันทึกข้อมูล และการคำนวณท้ายตารางจนกระทั่งได้ค่าความเร็วและอัตราการไหล แสดงไว้ในภาคผนวก ก. จากนั้นจึงจะนำผลมาคำนวณร่วมกับความลาดชันของเส้นพลังงาน เพื่อหาค่า n ต่อไป

3.2.4 การตรวจวัดความลาดชันของเส้นผิวน้ำ

ใช้กล้องระดับ สํารวจท้าวรอบหาค่าระดับของจุดอ้างอิง ที่ได้กำหนดไว้บริเวณขอบคอนกรีตของคลอง หรืออาคารชลประทานถาวรบริเวณใกล้เคียง พร้อมทั้งทำเครื่องหมายเอาไว้สำหรับหน้าตัดด้านเหนือน้ำ และหน้าตัดท้ายน้ำของช่วงการไหลที่พิจารณา หลังจากนั้น เมื่อทำการวัดย่อยแต่ละครั้ง ใช้กล้องระดับอ่านค่าความแตกต่างของระดับผิวน้ำ เทียบกับจุดอ้างอิง

ค่าความลาดชันของผิวน้ำ (S_w) จะเท่ากับค่าความแตกต่างของระดับน้ำด้านเหนือน้ำ และท้ายน้ำหารด้วยระยะทางระหว่างหน้าตัดทั้งสอง คือ

$$S_w = \frac{Wl_1 - Wl_2}{L} \quad (3.7)$$

เมื่อ Wl_1 และ Wl_2 เป็นระดับน้ำด้านเหนือน้ำ และด้านท้ายน้ำ ตามลำดับ
 L คือ ระยะทางระหว่างหน้าตัด

3.2.5 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง ขั้นตอนดำเนินงานมีดังนี้

1.) ทำการคำนวณความเร็วเฉลี่ยของหน้าตัดด้านเหนือน้ำ จากอัตราการไหลเฉลี่ย และพื้นที่รูปตัดด้านเหนือน้ำ โดยใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดในสนาม ตามสมการที่ (3.6)

2.) คำนวณความเร็วเฉลี่ยของรูปตัดด้านท้ายน้ำด้วยวิธีเดียวกัน

3.) หาความเร็วเฉลี่ยของช่วงการตรวจวัดทั้งสองจาก

$$\text{ความเร็วเฉลี่ยของช่วงการไหล} = \frac{\text{อัตราการไหลเฉลี่ย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดคลองเฉลี่ย}} \quad (3.8)$$

4.) คำนวณหารัศมีชลศาสตร์จากผลการวัดรูปตัด ลำน้ำและเส้นขอบเปียก นำมาหาค่าจาก

$$\text{รัศมีชลศาสตร์ (R)} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัด (A)}}{\text{เส้นขอบเปียก (P)}} \quad (3.9)$$

5.) หาความลาดชันของเส้นพลังงาน (S_f) ซึ่งได้จากการนำผลของ S_o ตามข้อ 3.3.4 มาพิจารณาร่วมกับ ความต่างระดับของพลังงานจลน์ในรูป ($V^2/2g$) คือ

$$S_f = \frac{(Wl_1 + \frac{V_1^2}{2g}) - (Wl_2 + \frac{V_2^2}{2g})}{L} \quad (3.10)$$

เมื่อ v_1 และ v_2 เป็น ความเร็วการไหลเฉลี่ยที่หน้าตัดด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำตามลำดับ
และ g เป็น ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก

6.) คำนวณค่า n ด้วยการแทนค่า V , R และ S_f จากสมการ

$$n = \frac{1}{V} R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (3.11)$$



ภาพที่ 3.14 การวัดกระแสน้ำ และอัตราการไหล

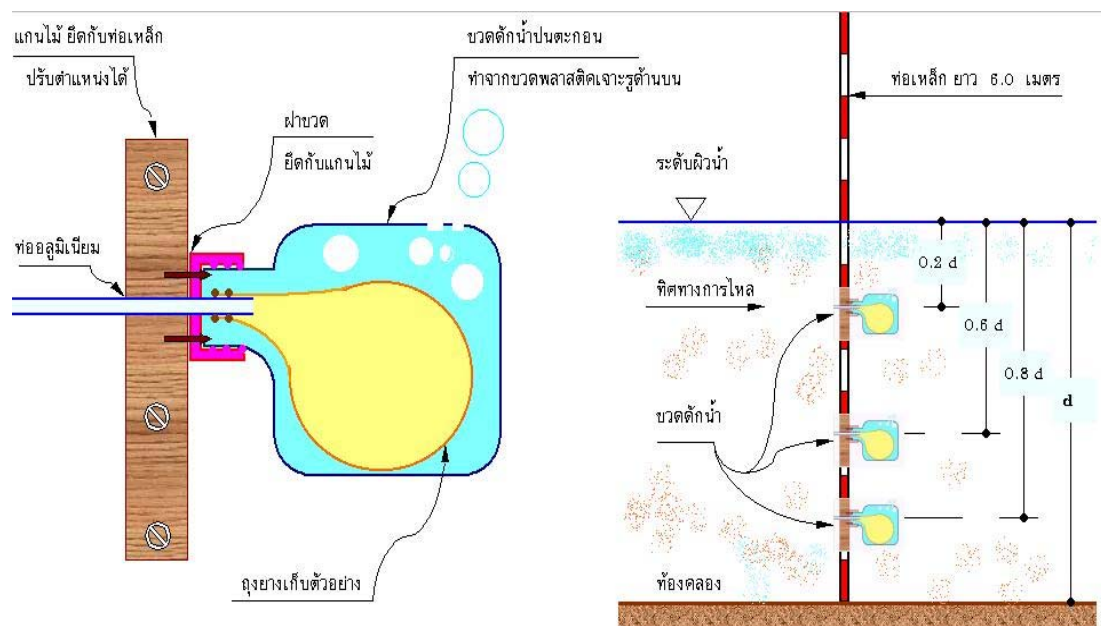
3.3 การตรวจวัดปริมาณตะกอน

ตะกอนในคลองชลประทานที่ลอยปะปนมากับแหล่งน้ำต้นทางของคลองชลประทาน จะประกอบไปด้วยมวลตะกอน 2 ส่วนคือ ตะกอนแขวนลอย (suspended load) และ ตะกอนท้องน้ำ (bed load) ความถ่วงจำเพาะของวัสดุ ดินตะกอน ปกติจะมีค่าประมาณ 2.65 จึงทำให้อนุภาคของตะกอนแขวนลอยมีแนวโน้มที่จะตกลงสู่ท้องน้ำ แต่เนื่องจากการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) บางส่วนมีทิศทางย้อนขึ้น จะต้านทานไม่ให้อนุภาคตะกอนแขวนลอยตกลงสู่ท้องน้ำ น้ำมีปริมาณตะกอนปะปนมาด้วยไหลลงสู่คลองส่งน้ำ ก็จะมีโอกาสตกตะกอนลงภายในคลอง เมื่อมีการเปิดหรือปิดอาคารควบคุมต่างๆ หรือเมื่อความเร็วของน้ำลดลง ส่วนตะกอนท้องน้ำมักมีขนาดใหญ่กว่าตะกอนแขวนลอยเคลื่อนตัวด้วยการกลิ้ง หรือการเลื่อนไถลไปตามท้องน้ำ เมื่อสิ้นสุดฤดูการส่งน้ำ คลองจะอยู่ในสภาพแห้ง ตะกอนทั้งสองส่วนก็จะกลายเป็นตะกอนตกจม ซังอยู่ในท้องคลอง

3.3.1 การวัดปริมาณตะกอนแขวนลอย

ตะกอนแขวนลอย ส่วนใหญ่เป็นอนุภาคดินที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน มักเป็นองค์ประกอบของดินเหนียวหรือดินทรายแป้ง การตรวจวัดสามารถทำได้ โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย (suspended load sampler) เช่น Single-stage sampler Point-integrating sampler Depth integrating sampler Deft bottle Gluschk off's bellows และ Nanson bottle เป็นต้น แล้วนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ หาปริมาณตะกอนในห้องทดลอง โดยหาค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย ในหน่วยน้ำหนักตะกอน ต่อปริมาตรน้ำ

ผู้ศึกษาได้ทำการออกแบบอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำในคลองที่ความลึกหลายระดับพร้อมๆ กันได้ โดยให้รับกวนสภาพเดิมของน้ำตัวอย่างให้น้อยที่สุด ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ได้ดัดแปลงจากรูปแบบของ Nanson bottle และ แบบ Gluschk off's bellows ส่วนประกอบของอุปกรณ์ประกอบไปด้วยท่อรับน้ำขนาด 1 เซนติเมตร สอดใส่ในรูที่เจาะบนแกนไม้ ปลายอีกด้านหนึ่งสวมกับถุงยาง หรือลูกโป่ง ครอบลูกโป่งไว้ด้วยขวดพลาสติกเจาะรูด้านบนและด้านหลังเพื่อให้ช่วยดูดน้ำเข้าลูกโป่งได้เร็วขึ้น และเพื่อป้องกันลูกโป่ง ทั้งหมดรวมกันนับเป็น 1 ชุด ทำการติดตั้งจำนวน 3 ชุด บนแกนไม้เดียวกัน เพื่อให้สามารถเก็บตัวอย่างพร้อมกันทั้ง 3 ระดับได้ ดังแบบร่าง ตามภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 แบบร่างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำคลอง เพื่อตรวจวัดตะกอนแขวนลอย

ขั้นตอนเก็บตัวอย่างน้ำคลอง เริ่มจากการกำหนดตำแหน่งในคลองส่งน้ำที่พิจารณาทั้งระบบ โดยเริ่มวัดตั้งแต่ประตูน้ำสู่คลอง RMC เป็นต้นมา ครอบคลุมคลอง 4 สาย คือ RMC 4R-RMC 4L-4R-RMC และ 6R-RMC จุดที่เก็บข้อมูลจะเป็นตำแหน่งอาคารสำคัญ เช่น ประตูน้ำ สะพาน ท่อลอด และอาคารอัดน้ำเป็นต้น จากนั้นใช้ท่อเหล็กหรือไม้สตาฟวัดระดับ หยั่งความลึกของการไหลของน้ำ แล้วจึงนำ ชุดกล่องเก็บตัวอย่างมาประกอบเข้ากับท่อเหล็กจำนวน 3 ชุด ปรับระดับความลึกให้ได้ประมาณ 0.2 0.6 และ 0.8 เท่า ของความลึกน้ำตามลำดับ ค่อย ๆ หย่อนท่อเหล็กที่ติดตั้งอุปกรณ์แล้วลงไปในน้ำ รอจนกระทั่งน้ำเต็ม ถุงยางจึงยกท่อเหล็กขึ้นมา เปิดขวดปลดถุงยางออกมารินน้ำใส่ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 150 มิลลิลิตร เขียน ฉลากระบุตำแหน่งและความลึก ปิดฝินักเก็บใส่กระบะเพื่อนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ จากนั้นจึงล้างถุงยาง ด้วยน้ำสะอาด ประกอบกลับเข้าไปในชุดเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการเก็บข้อมูลตำแหน่งต่อไปจนครบสายคลอง



ภาพที่ 3.16 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำคลองและการใช้งานเพื่อการตรวจวัดตะกอนแขวนลอย

สำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เตรียมกระป๋องอลูมิเนียมล้างสะอาด อบแห้งไล่ความชื้น นำมาชั่งน้ำหนักบนตาชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัม บันทึกผลเป็นน้ำหนักกระป๋องเปล่า จากนั้นนำขวดบรรจุน้ำตัวอย่างมาเขย่า แล้วรินน้ำใส่กระป๋องนำไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่า ก่อนนำกระป๋องเรียงใส่ถาด ดำเนินการในลักษณะเดียวกันสำหรับตัวอย่างอื่น ๆ ได้จำนวนมากพอแล้วจึงนำถาดใส่กระป๋องไปอบแห้ง จะได้อนุภาคของตะกอนแขวนลอยเหลือติดกันกระป๋องแต่ละใบ ซึ่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่งแล้วนำค่ามาลบกับน้ำหนักกระป๋องเปล่าจะได้น้ำหนักตะกอนแขวนลอย และสามารถทราบความเข้มข้นได้ โดยนำมาหารกับค่าน้ำหนักน้ำตัวอย่าง ผลการตรวจวัดแสดงไว้ในบทที่ 4 ส่วนตัวอย่างตารางบันทึกผลและการคำนวณค่า แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

3.3.2 การวัดปริมาณตะกอนตกจม

กำหนดการตรวจวัดปริมาณตะกอนตกจมของคลองตัวอย่างแต่ละช่วง จะดำเนินการก่อนฤดูส่งน้ำและหลังฤดูส่งน้ำซึ่งท้องคลองมีสภาพแห้งพอที่จะดำเนินการได้ อุปกรณ์ดำเนินการประกอบด้วย กล้องสำรวจระดับ พร้อมไม้สต๊าฟ 2 ตัว เสียมหรือพลั่วเก็บตัวอย่างดินตะกอน และเทปวัดระยะ

ขั้นตอนการสำรวจปริมาณตะกอนมีดังนี้

1.) วัดระยะช่วงคลองตามตำแหน่งที่ใช้ตรวจวัด แบ่งระยะความยาวคลองเป็นช่วง ๆ ละ 100 เมตร โดยให้ลงตัวตามระยะคลอง ทำเครื่องหมายไว้ที่แฉกคอนกรีต

2.) วัดค่าระดับตะกอนท้องคลองสำหรับแต่ละจุด 100 เมตร โดยถ่ายค่าระดับจากหมุดอ้างอิงที่ทำไว้สำหรับวัดระดับผิวน้ำ การวัดระดับตะกอนแต่ละจุด 100 เมตร จะเลือกตำแหน่งที่ไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป เมื่อเทียบกับบริเวณใกล้เคียง หรืออาจใช้วิธีวัดหลายค่าเฉลี่ยเป็น 1 จุดตัวแทน บันทึกค่าระดับ

3.) ใช้เสียมหรือจอบ ถากตะกอนท้องคลองออกจนถึงผิวคอนกรีต เพื่อวัดระดับท้องคลองจริงสำหรับแต่ละจุด 100 เมตร บันทึกค่าระดับที่ได้

4.) เลือกเก็บตัวอย่างตะกอนดินที่มีลักษณะทั่วไปคล้ายคลึงกับตะกอนส่วนใหญ่ในช่วงตรวจวัดนั้นจำนวนประมาณ 2 กิโลกรัม เพื่อใช้เป็นตัวอย่างแทนตะกอนทั้งหมด นำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ

เมื่อดำเนินการสำรวจในสนามแล้ว นำค่าระดับที่ได้มาสร้างแผนภูมิเปรียบเทียบระดับตะกอนระดับท้องคลองจริงและระดับข้อมูลออกแบบ ก็จะได้ค่าความหนาตะกอน ปริมาตรตะกอนแต่ละช่วง และสัดส่วนปริมาตรตะกอนต่อช่วงความยาว 1 กิโลเมตร ตัวอย่างข้อมูลบันทึกผลการสำรวจแสดงไว้ในภาคผนวก ข.



ภาพที่ 3.17 การทดสอบหาความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย (ซ้าย)
และ จำแนกประเภทดินตะกอนตกจม (ขวา)

3.3.3 การทดสอบตัวอย่างดินตะกอนในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบตัวอย่างดินตะกอนในห้องปฏิบัติการมีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์หาคุณสมบัติพื้นฐานทางฟิสิกส์ ของดิน เช่น ความหนาแน่นของเม็ดดิน ขนาดคละของเม็ดดิน ค่าพิกัดพลาสติก และพิกัดเหลวซึ่งจะสามารถจำแนกประเภทของดิน ตามเกณฑ์ Unified soil classification ได้ วิธีการทดสอบเป็นไปตาม มาตรฐาน AASHTO ดังนี้ (กลุ่มบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา , 2529)

- 1.) การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน ตามมาตรฐาน AASHTO T100 Specific gravity of soils
- 2.) การทดลองหาค่าพิกัดเหลวของดิน เป็นไปตามมาตรฐาน AASHTO T89 Determining the liquid limit of soils
- 3.) การทดลองหาค่าพิกัดพลาสติกของดิน เป็นไปตามมาตรฐาน AASHTO T90 Determining the plastic limit and plasticity index of soils
- 4.) การทดลองหาค่าขนาดคละของวัสดุ โดยใช้ตะแกรงร่อนแบบแห้ง และแบบเปียก ตามมาตรฐาน AASHTO T27 Sieve analysis of fine and coarse aggregates
- 5.) การทดลองหาค่าขนาดของวัสดุเม็ดดินละเอียด โดยใช้ Hydrometer เป็นไปตามมาตรฐาน AASHTO T88 Particle size analysis of soils

เมื่อได้ผลของปริมาณตะกอนและประเภทดินตะกอนตกจมท้องคลองตัวอย่างแล้วนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระเมื่อนิ่งที่วัดได้ในสนาม ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ต่อไป

3.4 การตรวจวัดการเจริญเติบโตของพืชน้ำ

วัชพืชที่ขึ้นตามแหล่งน้ำและคลองส่งน้ำจำแนกตามลักษณะทางนิเวศวิทยาโดยพิจารณาตามพื้นที่ที่พืชขึ้นอยู่แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ วัชพืชบก (terrestrial weeds) จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำแห้งคลองตื้นเนื่องกันเป็นเวลานานข้ามฤดูส่งน้ำ และ วัชพืชน้ำ (aquatic weeds) จะเกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำขังต่อเนื่อง ครอบคลุมระยะเวลาวงจรชีวิตของพืชแต่ละชนิดได้

วัชพืชน้ำยังสามารถแบ่งย่อยออกได้อีกตามลักษณะการเกิด คือ วัชพืชลอยน้ำ (floating weeds) โดยทั่วไปจะอยู่ในแหล่งน้ำนิ่ง วัชพืชใต้น้ำ (submerged weeds) เป็นประเภทที่มีรากหยั่งยึดบนพื้นดินตื้นน้ำล้นท่วมตื้นเป็นสายไปตามระดับน้ำ และดอกเจริญที่ผิวน้ำ หรือเหนือผิวน้ำ วัชพืชโผล่เหนือน้ำ (emerged weeds) จะเกิดบริเวณน้ำตื้น วัชพืชริมน้ำ (marginal weeds) เป็นพวกที่ขึ้นตามริมน้ำ หรือขอบแหล่งน้ำ ในบรรดาวัชพืชแต่ละประเภทที่กล่าวมา วัชพืชใต้น้ำนับว่าเป็นวัชพืชที่มีโอกาสเกิดขึ้นในคลองชลประทานมากที่สุด และก่อให้เกิดปัญหา การเปลี่ยนแปลงสภาพการไหลในระหว่างฤดูส่งน้ำ ซึ่งในการตรวจวัดคลองตัวอย่างก็ จะพิจารณาเลือกช่วงคลองที่มีปัจจัยวัชพืชประเภทนี้ โดยพิจารณาเก็บข้อมูลวัชพืชที่มีความหนาแน่นมากที่สุด 3 ชนิด เก็บตัวอย่างส่วนหนึ่งพร้อมถ่ายภาพ ส่งไปให้นักวิชาการด้านพืชพิจารณาฐาน เพื่อระบุชนิดตามหลักการจำแนกพืช ทำให้ทราบชื่อวิทยาศาสตร์และลักษณะทั่วไปของวัชพืชที่ใช้ศึกษาทั้ง 3 ชนิด ดังนี้

- 1.) สันตะวาใบข้าว ชื่อวิทยาศาสตร์ *Blyxa echinosperma* (Clarke) Hook . f.

เป็นวัชพืชน้ำรากหยั่งดินตื้นน้ำ อยู่ใต้น้ำในน้ำไหลไม่มีลำต้นชัดเจน ใบเป็นแผ่นเล็ก ๆ สีเขียว ยาวคล้ายใบหญ้าหรือใบข้าว ยาวประมาณ 15 ถึง 100 เซนติเมตร กว้าง 0.5 ถึง 1.0 เซนติเมตร ดอกมีก้านยาว มักจะยาวตามความลึกของน้ำ ดอกสีขาวมีกาบดอกเป็นแผ่นบาง ๆ หุ้มดอก การเก็บข้อมูลผู้ศึกษากำหนดรหัสสำหรับกรอกข้อมูลเป็น วัชพืช type A



ภาพที่ 3.18 ตัวอย่างวัชพืช สันตะวาใบข้าว

2.) ดิปลิน้ำ ชื่อวิทยาศาสตร์ *Potamogeton crispus* L.

เป็นวัชพืชรากหยั่งยึดพื้น มีลำต้นเป็นสายทอดไปตามระดับน้ำขนาดลำต้นประมาณ 0.2 ถึง 0.4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 30 ถึง 200 เซนติเมตร ใบสีเขียวกว้างประมาณ 1.0 ถึง 1.5 เซนติเมตร ยาว 15 ถึง 30 เซนติเมตร เป็นแผ่นบาง ขอบใบหยักงอ กำหนดให้เป็นวัชพืช type B สำหรับการกรอกข้อมูลในแบบฟอร์มตรวจวัด



ภาพที่ 3.19 ตัวอย่างวัชพืช ดิปลิน้ำ

3.) สาหร่ายหางกระรอก ชื่อวิทยาศาสตร์ *Hydrilla verticilla* Linn. f. Royale

เป็นวัชพืชน้ำที่มักขึ้นปะปนกับวัชพืชอื่นๆ ใบเป็นแบบเส้น ยาวประมาณ 1 ถึง 2 เซนติเมตร ปลายแหลม โคนใบติดกับส่วนของลำต้น เป็นพวงกลมยาวขนาด 0.2 ถึง 0.4 เซนติเมตร มีข้อเป็นช่วงประมาณช่วงละ 1 เซนติเมตร รากแตกจากข้อได้ ลำต้นเลื้อยยึดติดพื้น การวัดประเมินความสูงจึงคิดเฉพาะส่วนที่สูงขึ้นมาจากท้องคลอง กำหนดรหัสสำหรับเก็บข้อมูลเป็นวัชพืช type C



ภาพที่ 3.20 ตัวอย่างวัชพืช สาหร่ายหางกระรอก

การประเมินจะแยกตามประเภทของวัชพืช โดยพิจารณาปัจจัยอีก 2 ด้าน ปัจจัยแรกคือ ระดับความหนาแน่น ใช้สัญลักษณ์ N_d แยกเป็นจำนวนเต็ม 4 ระดับคือ กรณีที่พบวัชพืชน้อยมากหรือไม่มีเลยจะกำหนดให้เป็น “0” ถ้ามีปริมาณวัชพืชขึ้นประปรายไม่เกิน 20% ของพื้นที่ท้องคลองกำหนดให้เป็น “1” หากพบว่าวัชพืชขึ้นหนาแน่นปานกลางครอบคลุมพื้นที่ระหว่าง 20% ถึง 50% ของพื้นที่ท้องคลอง กำหนดให้เป็น “2” และกรณีที่วัชพืชขึ้นหนาแน่นที่สุดมากกว่า 50% ของพื้นที่ท้องคลองกำหนดให้อยู่ในระดับ “3”

ปัจจัยสุดท้ายที่พิจารณาคือ ความยาวของวัชพืชส่วนที่สูงขึ้นมาจากระดับท้องคลอง ใช้สัญลักษณ์ N_L โดยจะประเมินเป็นความยาวใบของสันตะวาใบข้าว ความยาวของสายลำต้นของตี่ปลีน้ำ และความยาวข้อเฉพาะส่วนที่ดัดขึ้นมาจากพื้นของสาหร่ายหางกระรอก ระดับความยาวดังกล่าวจะใช้เกณฑ์วัดเดียวกัน เพื่อให้สามารถพิจารณาประเมินรวมกันได้ภายหลัง แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ กรณีที่ไม่มีวัชพืชหรือเป็นลักษณะเพิ่งเริ่มงอก กำหนดให้เป็น “0” ถ้าวัชพืชขึ้นชัดเจน แต่มีความยาวไม่เกิน 0.2 เมตรจะอยู่ในเกณฑ์ “1” หากพบว่าระดับความยาวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.5 เมตร จะกำหนดให้เป็น “2” ถ้าหากระดับความยาวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 เมตร จะกำหนดให้เป็น “3” และในกรณีที่มีความยาวเฉลี่ยเกิน 1.0 เมตร จะกำหนดให้อยู่ในระดับ “4”

การตรวจวัดความหนาแน่น และความยาวของวัชพืชจะแบ่งช่วงการประเมินไว้ทุกๆ ช่วงความยาวคลอง 50 เมตร สุ่มเก็บตัวอย่างมาวัดขนาดจริงบางส่วน และส่วนที่เหลือสามารถประเมินได้ด้วยตาเปล่าเทียบกับตัวอย่างที่วัดได้ สำหรับระยะประเมิน 50 เมตร บันทึกผลตามเกณฑ์วัดระดับความหนาแน่น และความยาวเฉลี่ยแยกประเภทวัชพืช และนำมาประเมินรวมกันในช่องขาวของตารางบันทึกผลดังตัวอย่างในบทที่ 4 และรายละเอียดในภาคผนวก ค. นำผลการประเมินแต่ละช่วง 50 เมตร มาหาเกณฑ์เฉลี่ยเพื่อใช้ประเมินรวมกันตลอดความยาวของช่วงตรวจวัด เพื่อสามารถนำเกณฑ์เฉลี่ยที่ได้ มาวิเคราะห์หาผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแม่น้ำ ที่ตรวจวัดในช่วงเวลาเดียวกันได้ ตามสมมติฐานต่อไป

3.5 การทดลองแบบจำลองของการไหลในทางน้ำที่มีวัชพืช

เพื่อตรวจสอบผลของการศึกษาในส่วนผลกระทบจากวัชพืช ผู้ศึกษาจึงได้ทำการทดลองแบบจำลองทางกายภาพของการไหลในทางน้ำที่มีวัชพืช ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม วัตถุประสงค์เพื่อหาผลกระทบของระดับความหนาแน่น และความสูงของวัชพืช ต่อค่าสัมประสิทธิ์ n สถานที่ทดลองใช้ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

อุปกรณ์การทดลอง

- 1.) รางน้ำทดลองกว้าง 0.3 เมตร ยาว 12.5 เมตร พร้อมเครื่องสูบน้ำและบ่อพักน้ำ
- 2.) ฝายวัดอัตราการไหล รูปตัว V
- 3.) แผ่นยางหนา 1.0 ซม. กว้าง 15 ซม. ยาว 1.0 ซม. จำนวน 6 แผ่น
- 4.) แผ่นผ้า Geo-textile สำหรับตัดทำวัชพืชน้ำจำลอง
- 5.) ไม้กลม เหล่าให้ได้ขนาดประมาณไม้เสียบลูกชิ้น จำนวนประมาณ 200 ก้าน
- 6.) สว่าน สำหรับเจาะรูแผ่นยาง
- 7.) ไม้บรรทัดและเทปวัดระยะ
- 8.) มีดคัตเตอร์ และกรรไกร
- 9.) เชือก กาว และ เทปกาว

วิธีการทดลอง

1.) เตรียมวัชพืชน้ำจำลอง โดยตัด Geo-textile เป็นชิ้นขนาดความกว้าง 4 ซม. ยาว 40 ซม. วัดระยะแบ่งเป็น 2 ส่วนตามความยาว คือ 24 ซม. กับ 16 ซม. ใช้คัตเตอร์กรีดตามยาวระยะ 24 ซม. แบ่งเป็น 4 เส้นตามความกว้างจะได้เส้นละ 1 ซม.

2.) นำไม้ที่มีลักษณะเหมือนไม้เสียบลูกชิ้น มาตัดปลายด้านแหลมออกให้เหลือความยาว 15 ซม. ทำเป็นแกนลำต้น นำชิ้น Geo-textile ที่ตัดออกเตรียมไว้มาทากาวส่วนที่ยังไม่ได้กรีดแบ่งเป็นเส้น ระยะ 16 ซม. นำมาพันรอบแกนไม้ มัดให้แน่นด้วยเชือกหรือเทปกาว จะได้วัชพืชน้ำจำลอง 1 ต้น



ภาพที่ 3.21 การเตรียมวัชพืชน้ำจำลอง

3.) นำแผ่นยางมาตีตาราง แบ่งเป็นแถว 10 ช่วงระยะระหว่างช่วง ประมาณ 10 ซม. จะได้ 11 แถว แต่ละแถวเจาะรูขนาด 0.3 ซม. จำนวน 4 รู สำหรับติดตั้งต้นวัชพืช ดังนั้นแผ่นยาง 1 แผ่น จะติดวัชพืชได้มากที่สุด 44 ต้นแต่ละต้นมีความสูง 16 ซม. และความยาวใบ 24 ซม. คิดเป็นสัดส่วน 2 ต่อ 3 จัดทำแผ่นปลูกว่าชพืชเช่นเดียวกันอีก 3 แผ่น รวมเป็น 4 แผ่น

4.) การทดลองทำการติดตั้งแผ่นปลูกว่าชพืชขวางลงบนรางน้ำทดลอง แผ่นแรกติดตั้งที่ตำแหน่ง 4 เมตร จากปลายรางด้านเหนือ น้ำ แผ่นสุดท้ายจะอยู่ที่ระยะ 8 เมตร นำแผ่นยางเปล่าจำนวน 2 แผ่นมาวางต่อเนื่องกันไว้ทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำเพื่อทำเป็น transition

5.) เปิดเครื่องสูบน้ำ ปรับวาล์วให้ระดับน้ำในรางเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนท่วมวัชพืชทั้งหมดปรับระดับความชันรางทดลอง และปรับวาล์วทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ จนกระทั่งระดับน้ำคงที่ อนุমানได้ว่าเป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ (uniform flow) วัดค่าระดับน้ำที่ตำแหน่ง 2 เมตร 4 เมตร 6 เมตร 8 เมตร และ 10 เมตร จากปลายรางด้านเหนือน้ำ บันทึกค่าที่ได้

6.) วัดค่าความสูงของระดับน้ำ จากท้องผ่ายรูปตัว V เพื่อหาค่าอัตราการไหล บันทึกค่าที่ได้

7.) ปรับอัตราการไหล โดยปรับความลาดชันของรางและวาล์วน้ำ วัดค่าตามข้อ 6 และข้อ 7 ซ้ำ บันทึกผลเพื่อใช้หาค่าเฉลี่ยสำหรับวัชพืชสูง 16 ซม. ความหนาแน่นเฉลี่ย 41 ต้น ต่อเมตร



ภาพที่ 3.22 การทดสอบ แบบจำลองการไหลในทางน้ำที่มีวัชพืช

8.) ปิดเครื่องสูบน้ำ ถอนต้นวัชพืชออกจากแผ่นยางบางส่วน เพื่อเปลี่ยนสภาพความหนาแน่น ให้เป็นระยะระหว่างแถวประมาณ 20 ซม. จะได้ความหนาแน่นเฉลี่ย 21 ต้นต่อเมตร ดำเนินการทดลองซ้ำตามข้อ 5 ถึง ข้อ 7

9.) ปรับระยะระหว่างแถวให้เป็น 40 ซม. จะได้ความหนาแน่นเฉลี่ย 11 ต้นต่อเมตร ดำเนินการทดลองซ้ำตามข้อ 5 ถึงข้อ 8

10.) ปรับระยะระหว่างแถวให้เป็น 80 ซม. จะได้ความหนาแน่นเฉลี่ย 6 ต้นต่อเมตร ดำเนินการทดลองซ้ำตามข้อ 5 ถึงข้อ 8

11.) จำลองสภาพความหนาแน่นภายในแถวโดยติดตั้งแถวละ 2 ต้นทุกๆระยะ 20 ซม.จะได้ความหนาแน่นเฉลี่ย 10.5 ต้นต่อเมตร ทดลองซ้ำตามข้อ 5 ถึงข้อ 8

12.) ปรับความหนาแน่นโดยติดตั้งแถวละ 1 ต้น ทุก ๆ ระยะ 20 ซม. จะได้ความหนาแน่นเฉลี่ย 5.25 ต้น ต่อเมตร ทดลองซ้ำตามข้อ 5 ถึง ข้อ 8

13.) ถอนวัชพืชออกจากแผ่นยางให้หมด ทดลองซ้ำตามข้อ 5 ถึง ข้อ 8 จะได้สภาพการไหลในราง ที่มีแต่แผ่นยางเปล่า นับเป็นหน่วยทดลองควบคุมชุดที่ 1

14.) นำวัชพืชที่ถอนออกมาทั้งหมดมาตัดปลายออกทั้ง 2 ด้าน เพื่อปรับระยะความยาวใบ และความสูงให้เหลือขนาด 18 ซม. และ 12 ซม. ตามลำดับโดยคงสัดส่วน 3 ต่อ 2 เหมือนเดิม ติดตั้งกลับเข้าไปจนเต็มแผ่นยาง ทดลองซ้ำตามข้อ 5 ถึง ข้อ 13

15.) ปรับความยาวและความสูงให้เหลือขนาด 12 ซม. และ 8 ซม. ตามลำดับ และยังคงเป็นไปตามสัดส่วน 3 ต่อ 2 ติดตั้งกลับเข้าไป จนเต็มแผ่นยางทดลองซ้ำตามข้อ 5 ถึง ข้อ 13

16.) ปรับความยาวและความสูงให้เหลือขนาด 6 ซม. และ 4 ซม. ตามลำดับ ติดตั้งกลับเข้าไป จนเต็มแผ่นยางทั้ง 4 แผ่นทำการทดลองซ้ำตามข้อ 5 ถึง ข้อ 13

เมื่อได้ข้อมูลบันทึกผลการทดลองทั้งหมดแล้วนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งในช่วงความยาวทางน้ำที่พิจารณาได้ ตามสมการที่ (2.11) คือ

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2}$$

เมื่อต้องการหาค่า n และเขียน v ให้อยู่ในรูปของ (Q/A) จะได้

$$n = \left(\frac{A}{Q}\right) R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (3.12)$$

ค่า A และ R ได้จากการวัดหน้าตัดเฉลี่ย ค่า Q หาได้จากการวัดอัตราการไหลผ่านฝายวัดน้ำ ส่วนค่า S_f อนุโลมให้เท่ากับ S_w ซึ่งคำนวณจากค่าต่างระดับของผิวน้ำ ในช่วงการไหลผ่านวัชพืชระยะทาง 4 เมตร โดยพิจารณาความลาดชันของท้องรางประกอบด้วย ตัวอย่างตารางบันทึกผล และผลการทดลองแสดงไว้ในบทที่ 4 ส่วนการวิเคราะห์ผลการทดลอง อธิบายไว้ในบทที่ 5

เมื่อได้ผลการทดสอบแบบจำลองในห้องปฏิบัติการแล้ว นำข้อมูลการแปรผันค่า n ต่อปัจจัยวัชพืชที่จำลองสภาพลักษณะต่าง ๆ มาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ เพื่อใช้พิจารณาแนวโน้มของการแปรผันค่า n ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าจริงในสนามต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

เมื่อทำการตรวจวัดความเร็วการไหลของน้ำ พร้อมสำรวจรูปตัดทางน้ำไหล เราจะทราบค่าตัวแปรที่จำเป็นสำหรับสูตรการไหลแบบสมำเสมอ เช่น ความเร็วเฉลี่ย พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย ค่ารัศมีชลศาสตร์ อัตราการไหล เพื่อนำมาคำนวณหาค่า Q ได้จากสมการที่ (3.12) ขณะเดียวกันก็ทำการตรวจวัดข้อมูลตะกอน และวัดพื้นที่ควบคู่กันไปเพื่อหาผลกระทบที่มีต่อค่า Q แนวทางการวิเคราะห์กำหนดให้ค่า Q เป็นตัวแปรตาม และให้ปัจจัยอื่น ๆ เป็นตัวแปรอิสระ ทำการหาลักษณะและขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านี้ โดยอาศัยการวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความถดถอย (regression analysis) ใช้ในการพิจารณาถึงรูปแบบที่เป็นไปได้ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์ในการทำนาย (predict) เพื่อ คาดประมาณ (estimate) ค่า ๆ หนึ่ง ซึ่งสัมพันธ์กับค่าที่กำหนดให้อีกค่าหนึ่ง ส่วน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) จะเกี่ยวข้องกับการวัดขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การคำนวณค่าสหสัมพันธ์จากข้อมูลชุดใดชุดหนึ่ง คือการคำนวณดูว่า ตัวแปรที่ได้จากข้อมูลชุดนั้น มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด (วัชรภรณ์, 2529)

แนวทางการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q กับตัวแปรอื่น ๆ จะทำการพิจารณาเปรียบเทียบกับรูปแบบสมการมาตรฐานเช่น สมการเส้นตรง สมการพหุนาม และสมการลอการิทึม เป็นต้น (สมศรี, 2509)

วิธีการที่นิยมใช้หาเส้นกราฟที่เป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของจุดต่าง ๆ คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least square method) เริ่มจากพิจารณา รูปแบบทั่วไปของสมการเส้นตรง คือ

$$y_c = a + bx \quad (3.13)$$

- โดยที่ x เป็นตัวแปรอิสระ
 y_c เป็นตัวแปรตาม จากเส้นกราฟ
 a เป็นค่าคงที่ หาค่าได้เมื่อกำหนด $x = 0$
 b เป็นค่าความลาดชันของเส้นแสดงความสัมพันธ์

ค่า a และ b หาได้จากการแก้สมการ 2 สมการ คือ

$$\sum y = Na + b \sum x \quad (3.14)$$

$$\sum xy = a \sum x + b \sum x^2 \quad (3.15)$$

เมื่อ N เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมด หลังจากได้ค่า a และ b นำไปแทนค่าในสมการ (3.13) เพื่อหา y_c ทุก ๆ ค่าได้ต่อไป

ในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรผันในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง (non-linear equation) การวิเคราะห์ชุดข้อมูลของการศึกษาดังนี้ จะใช้รูปแบบของพหุนามกำลังสอง และกำลังสาม ดังนี้

สำหรับ โพลีโนเมียลกำลังสอง

$$y_c = a + bx + cx^2 \quad (3.16)$$

จะต้องใช้ 3 สมการสำหรับหาค่าคงที่ 3 ตัว ดังนี้

$$\sum y = Na + b\sum x + c\sum x^2 \quad (3.17)$$

$$\sum xy = a\sum x + b\sum x^2 + c\sum x^3 \quad (3.18)$$

$$\sum x^2 y = a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4 \quad (3.19)$$

และสำหรับสมการโพลีโนเมียลกำลังสาม มีตัวแปรเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัวดังนี้

$$y_c = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (3.20)$$

ดังนั้น จะต้องใช้ 4 สมการสำหรับหาค่าคงที่ 4 ตัว ดังนี้

$$\sum y = Na + b\sum x + c\sum x^2 + d\sum x^3 \quad (3.21)$$

$$\sum xy = a\sum x + b\sum x^2 + c\sum x^3 + d\sum x^4 \quad (3.22)$$

$$\sum x^2 y = a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4 + d\sum x^5 \quad (3.23)$$

$$\sum x^3 y = a\sum x^3 + b\sum x^4 + c\sum x^5 + d\sum x^6 \quad (3.24)$$

ลักษณะของเส้นโค้งอีกอย่างหนึ่งคือ ความสัมพันธ์แบบโค้งยกกำลัง

$$y_c = a + b^x \quad (3.25)$$

ซึ่งจะทำให้อัตราส่วนของการแปรผันมีค่าคงที่ ดังนั้น เมื่อเราใช้ค่าลอการิทึม สำหรับสมการที่จะทำให้ได้รูปแบบของสมการเส้นตรง คือ

$$\log(y_c) = \log(a) + x \log(b) \quad (3.26)$$

สมการที่ (3.26) มีลักษณะคล้ายคลึงกับสมการที่ (3.13) ซึ่งการแก้สมการหาค่า a และ b จะต้องหาสมการมาเพิ่มอีก 2 สมการ ลักษณะเดียวกันกับสมการที่ (3.14) และ (3.15) ดังนี้

$$\sum \log(y) = N \log(a) + \log(b) \sum x \quad (3.27)$$

$$\sum x \log(y) = \log(a) \sum x + \log(b) \sum x^2 \quad (3.28)$$

ในการเลือกลักษณะของสมการให้สอดคล้องกับชุดข้อมูลที่หาได้ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และถ้ามีควรจะเป็นรูปแบบใด จะใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) จาก

$$R^2 = \frac{\sum (y_c - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.29)$$

เมื่อ R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (coefficient of determination)

y_c คือ ค่า y จากเส้นกราฟที่สร้างขึ้นตามสมการมาตรฐาน

y_i คือ ค่า y จากข้อมูลจริง

ชุดข้อมูลที่จะถูกนำมาวิเคราะห์โดยวิธีข้างต้น มีตั้งแต่การสอบเทียบอุปกรณ์ การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า n กับระยะเวลา ค่า n กับผลคูณความเร็วกับรัศมีเซลล์ ค่า n กับผลการเจริญเติบโตของพืชพันธุ์ ตลอดจนการวัดตะกอนต่าง ๆ