การหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง ในคลองส่งน้ำที่ดาดด้วยคอนกรีต

(Determination of Manning's Roughness Coefficient in Concrete Lined Canal)

โดย. นายสมชาติ ชื่อวาจา [1/] และ ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์ [2/]

คำนำ

ปัญหาด้านวิศวกรรมที่โครงการชลประทานต่าง ๆ มักประสบหลังจากก่อสร้างเสร็จและใช้งานส่งน้ำช่วงระยะเวลาหนึ่ง คือปัญหาในการส่งน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการ ทั้งนี้เพราะในการออกแบบคลองส่งน้ำในปัจจุบันนิยมใช้สมการของแมนนิ่ง ซึ่งการออกแบบจะถูกต้องเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ค่า n ในการออกแบบ ซึ่งปกติพบว่าการออกแบบใช้ค่า n ต่ำไป (วิบูลย์และอภิชาติ .2529)

จึงควรที่จะได้ทำการวัดหาค่า n จริงในสนาม เพื่อนำไปวิเคราะห์หาเกณฑ์การเลือกใช้ค่า n ในการออกแบบที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวัดค่า n ของคลองขนาดต่าง ๆ ซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำต่างๆ กัน ในโครงการชลประทานที่ส่งน้ำมาหลายปี และมีโครงการใหม่

2. วิเคราะห์ผลของขนาดคลองและอัตราการไหลของน้ำที่มีต่อค่า n

3. วิเคราะห์ผลของโครงการชลประทานที่ส่งน้ำมาหลายปี และโครงการใหม่ที่มีต่อค่า n

4. วิเคราะห์ค่า n ที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่าที่ใช้ในการออกแบบ

ตรวจเอกสาร

คลองส่งน้ำซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญที่สุดของโครงการชลประทาน แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ คลองดินและคลองดาด ขนาดคลองส่งน้ำโดยทั่วไปจะกำหนดตามอัตราการไหล ดังนี้ (กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา. 2525)

คลองขนาดใหญ่ อัตราการไหลมากกว่า 20 ม.^{3}/วินาที
คลองขนาดกลาง อัตราการไหล 5-20 ม.^{3}/วินาที
คลองขนาดเล็ก อัตราการไหลน้อยกว่า 5 ม.^{3}/วินาที

Manning ได้เสนอสูตรสำหรับคำนวณการไหลของน้ำแบบ Uniform Flow ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้ในการออกแบบคลอง คือ

1/ หัวหน้างานวิศวกรรม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาปราณบุรี กรมชลประทาน

2/ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

เมื่อ V = ความเร็วเฉลี่ย (ม./วินาที)

R = รัศมีชลศาสตร์ (ม.)

S_f = ความลาดชันของเส้นพลังงาน (ม./ม.)

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง

ผลการคำนวณจะถูกต้องมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการเลือกค่า n ซึ่งมีผู้เสนอแนะเกณฑ์ในการเลือกค่า n ต่าง ๆ ดังนี้

(1) ILACO/EMPIRE M&T (1980) กำหนดเกณฑ์การออกแบบที่ใช้ในโครงการชลประทาน แม่กลองใหญ่ฝั่งขวา ให้ใช้ค่า n ในคลองส่งน้ำที่ดาดด้วยคอนกรีต 0.016

(2) ผลจากการตรวจวัดปริมาณปริมาณน้ำที่ไหลในคลองของโครงการต่าง ๆ หลายโครงการในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเมื่อปี พ.ศ. 2526 พบว่าค่า n ในคลองดาดด้วยคอนกรีตมีค่าอยู่ระหว่าง 0.016-0.020 (สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.2526)

(3) ผลการศึกษาค่า n ที่โครงการฯ สองพี่น้อง ในคลองส่งน้ำดาดด้วยคอนกรีตสาย 6L-2L ระหว่าง กม. 0.100-1.100 พบว่าค่า n เฉลี่ยเท่ากับ 0.0165 (Samaharn, et al, 1989)

(4) เกณฑ์ในการเลือกค่า n ในการออกแบบของกรมชลประทานในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยคือ

ภาค	n	
	เดิม	ปัจจุบัน
ฝ่ายออกแบบชลประทานส่วนเหนือ	0.014	0.016-0.018
ฝ่ายออกแบบชลประทานส่วนตะวันออกเฉียงเหนือ	0.014	0.016-0.018
ฝ่ายออกแบบชลประทานส่วนกลาง (โครงการฯ นครปฐมใช้ 0.14 โครงการฯ สองพี่น้อง 0.16)	0.014	0.016-0.018
ฝ่ายออกแบบชลประทานส่วนใต้	0.013	0.016-0.018

ที่มา : จากการสอบถามหัวหน้าฝ่ายออกแบบชลประทานส่วนต่าง ๆ กรมชลประทาน

(5) ค่า n สำหรับการออกแบบคลองส่งน้ำที่ดาดด้วยคอนกรีตในประเทศต่าง ๆ (ดิเรก . 2526)

ประเทศ	n
Australia, Victoria	0.015
Australia, Queensland	0.014
France	0.013-0.017

ในปัจจุบันการเลือกค่า n ให้เหมาะสมกับความต้านทานการไหลของน้ำในคลองยังไม่มีเกณฑ์ที่แน่นอน ดังนั้น ผู้ออกแบบจึงควรต้องเข้าใจถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อค่า n และมีข้อมูลค่า n ที่เคยตรวจวัดจริงของทางน้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดข้อมูลเพื่อหาค่า n มีดังนี้

1. เครื่องวัดกระแสน้ำ (Current Meter)
2. นาฬิกาจับเวลา
3. เทปวัดระยะและลูกดิ่ง
4. เครื่องมือวัดระดับแบบใช้ระดับน้ำ
5. กล้องระดับ ไม้สต๊าฟ
6. สะพานทอดข้ามคลอง

วิธีการ

1. เลือกโครงการ 2 โครงการ คือ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพานครปฐม ซึ่งส่งน้ำมาแล้วประมาณ 19 ปี และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องซึ่งเป็นโครงการใหม่อยู่ระหว่างการก่อสร้างเพิ่งเริ่มส่งน้ำ

2. เลือกจุดตรวจวัดค่า n ในแต่ละโครงการ โดยพิจารณาแบ่งคลองออกเป็น 3 ขนาด คือ ใหญ่ กลาง และเล็ก ในคลองแต่ละขนาดเลือกจุดตรวจวัดค่า n ซ้ำ 4 จุด และวัดที่อัตราการไหลของน้ำแตกต่างกัน 3 ระดับคือ มาก ปานกลาง และน้อย ในการตรวจวัดน้ำแต่ละครั้งทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ช่วงคลองที่วัดค่า n มีความยาวประมาณ 300-2,000 เมตร รายละเอียดจุดตรวจวัดค่า n แสดงอยู่ในตารางที่ 1

3. หาราคาหมุดหลักฐาน (B.M.) โดยใช้กล้องระดับ ทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาระดับผิวน้ำ

4. สอบเทียบเครื่องวัดกระแสน้ำ เพื่อหาสูตรใช้งานประจำเครื่องในห้องทดลองชลศาสตร์

5. การตรวจวัดข้อมูลในสนาม

5.1 วัดความเร็วกระแสน้ำ วัดความเร็วกระแสน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของจุดตรวจวัดค่า n พร้อม ๆ กันโดยใช้เครื่องวัดกระแสน้ำที่ทำการสอบเทียบแล้ว โดยทำการแบ่งรูปตัดของผิวน้ำออกเป็น 10 ช่วง

5.2 การวัดหาความลาดชันของผิวน้ำ ขณะทำการตรวจวัดหาความเร็วกระแสน้ำตามข้อ 5.1 ทำการตรวจวัดหาราคาระดับผิวน้ำด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำควบคู่ไปด้วย โดยใช้เครื่องมือวัดระดับแบบใช้ระดับน้ำ (มนตรี.2531)

6. การคำนวณหาค่า n โดยใช้สมการที่ (1)

ตารางที่ 1 รายละเอียดตำแหน่งของจุดตรวจวัดค่า n ในโครงการฯ นครปฐมและโครงการฯ สองพี่น้อง

ขนาดคลอง	ชั้ำ	โครงการฯ นครปฐม	โครงการฯ สองพี่น้อง
		ชื่อคลอง (กม.-กม.)	ชื่อคลอง (กม.-กม.)
ใหญ่	1	5L(1+700-3+700)	5L-2L(6+272-8+004)
	2	5L(6+098-7+418)	5L-2L(10+84-11+728)
	3	5L(12+200-13+740)	5L-2L(15+082-16+040)
	4	5L(19+400-20+760)	5L-2L(18+517-18+999)
กลาง	1	6R-5L(0+630-0+930)	3L-3R-5L-2L(0+670-0+970)
	2	6R-5L(3+140-3+440)	3L-3R-5L-2L(2+136-2+436)
	3	7R-5L(1+532-1+832)	5L-5L-2L(0+530-0+830)
	4	7R-5L(5+988-6+288)	5L-5L-2L(4+552-4+852)
เล็ก	1	1R-5L(3+590-3+890)	6L-2L(3+000-3+300)
	2	1R-5L(6+156-6+456)	6L-2L(5+600-6+900)
	3	9R-5L(3+600-3+900)	7L-2L(5+500-5+800)
	4	9R-5L(5+700-6+000)	7L-2L(7+800-8+100)

7. การวิเคราะห์ผลของขนาดคลองและอัตราการไหลของน้ำต่อค่า n และความแตกต่างของค่า n ระหว่างโครงการเก่า (นครปฐม) กับโครงการใหม่ (สองพี่น้อง) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Varience, ANOVA)

8. การวิเคราะห์ค่า n ที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่า n ที่ใช้ในการออกแบบ โดยการนำค่า n เฉลี่ยทั้งหมด (G.M.) ที่วัดได้ของทั้ง 2 โครงการมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างจากที่ออกแบบไว้เดิม

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

1. ผลการสอบเทียบหาสูตรใช้งานของเครื่องวัดกระแสน้ำ

เครื่องวัดกระแสน้ำ No.88387

$V = 0.25701\ N + 0.00242$ ..... (2)

ค่า $R^2 = 0.99995$

เมื่อ v = ความเร็วกระแสน้ำเป็น ม./วินาที

และ n = จำนวนรอบต่อวินาที

เครื่องวัดกระแสน้ำ No.88388

$V = 0.25989\ N - 0.00082$ ..... (3)

ค่า $R^2 = 0.99955$

2. ผลการคำนวณหาค่า n

ค่า n ของโครงการฯ นครปฐม และโครงการฯ สองพี่น้องที่คำนวณได้แสดงอยู่ในตารางที่ 2

3. วิเคราะห์ผลของขนาดคลอง และอัตราการไหลของน้ำต่อค่า n

3.1 โครงการฯ นครปฐม ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่า n เนื่องจากขนาดคลอง และอัตราการไหลแสดงอยู่ในตารางที่ 3 และผลการทดสอบความแตกต่างของค่า n เฉลี่ยของคลองขนาดต่าง ๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 4 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าขนาดของคลอง (C) มีผลต่อค่า n และพบว่า ค่า n ของคลองแต่ละขนาด (C) มีความแตกต่างกันทางสถิติดังนี้

(1) ค่า n เฉลี่ยของคลองขนาดเล็กเท่ากับ 0.0185 เมื่อเทียบกับค่า n ของคลองขนาดกลางและใหญ่ซึ่งเท่ากับ 0.0168 และ 0.0165 ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความสำคัญ .01

(2) ค่า n ของคลองขนาดกลางและใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า n เฉลี่ยของคลองขนาดกลางและขนาดใหญ่เท่ากับ 0.0166

ส่วน Q ไม่มีผลต่อค่า n

ตารางที่ 2 ค่า n ที่วัดได้ของโครงการฯ นครปฐม และโครงการฯ สองพี่น้อง

ขนาดคลอง (C)	ซ้ำ (R)	โครงการฯ นครปฐม(N)			โครงการฯ สองพี่น้อง(S)		
		อัตราการไหล(Q)			อัตราการไหล(Q)		
		มาก (ℓ)	ปานกลาง (m)	น้อย (s)	มาก (ℓ)	ปานกลาง (m)	น้อย (s)
ใหญ่(ℓ)	1	0.0170	0.0171	0.0173	0.0161	0.0163	0.0166
	2	0.0156	0.0157	0.0158	0.0165	0.0164	0.0168
	3	0.0163	0.0164	0.0163	0.0167	0.0167	0.0167
	4	0.0164	0.0166	0.0168	0.0164	0.0167	0.0167
ปานกลาง(m)	1	0.0157	0.0160	0.0161	0.0156	0.0155	0.0157
	2	0.0174	0.0178	0.0182	0.0158	0.0161	0.0163
	3	0.0168	0.0171	0.0172	0.0162	0.0160	0.0160
	4	0.0161	0.0161	0.0166	0.0164	0.0166	0.0165
เล็ก(s)	1	0.0194	0.0197	0.0202	0.0181	0.0192	0.0204
	2	0.0172	0.0174	0.0175	0.0160	0.0161	0.0164
	3	0.0174	0.0183	0.0182	0.0182	0.0186	0.0187
	4	0.0185	0.0191	0.0197	0.0164	0.0164	0.0165

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่า n เนื่องจากขนาดคลอง และอัตราการไหล (โครงการฯ นครปฐม)

Source of Variation	d.f.	SS	MS
Replication	3	0.0000021	0.0000007NS
Treatments	8	0.0000322	0.0000041**
Canal (C)	2	0.0000302	0.0000151**
Discharge(Q)	2	0.0000071	0.0000009NS
C x Q	4	0.0000003	0.0000001NS
Error	24	0.0000182	0.0000008
Total	35	0.0000525	

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความสำคัญ .01

NS ไม่มีความแตกต่างกันในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบหาความแตกต่างของค่า n เฉลี่ยของคลองขนาดต่าง ๆ (โครงการฯ นครปฐม)

ขนาดคลองที่พิจารณา	Difference	LSD	
		.01	.05
Cs - Cm	0.001778**	0.001021	0.000754
Cs - Cl	0.002076**	0.001021	0.000754
Cm - Cl	0.000298NS	0.001021	0.000754

C.V. = 5.19%

3.2 **โครงการฯ สองพี่น้อง** ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่า n แสดงอยู่ในตารางที่ 5 และผลทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย n ของคลองขนาดต่าง ๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 6 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ว่าขนาดคลอง C มีผลต่อค่า n และพบว่าค่า n ของคลองแต่ละขนาดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่า n เนื่องจากขนาดคลอง และอัตราการไหล (โครงการฯ สองพี่น้อง)

Source of Variation	d.f.	SS	MS
Replication	3	0.0000047	0.0000016NS
Treatments	8	0.0000162	0.0000020*
Canal (C)	2	0.0000146	0.0000073**
Quantity (Q)	2	0.0000011	0.0000006NS
C x Q	4	0.0000005	0.0000001NS
Error	24	0.0000192	0.0000008
Total	35	0.0000401	

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความสำคัญ .05

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความสำคัญ .01

NS ไม่มีความแตกต่างกันในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบหาความแตกต่างของค่า n เฉลี่ยของคลองขนาดต่าง ๆ (โครงการฯ สองพี่น้อง)

ขนาดคลองที่พิจารณา	Difference	LSD	
		.01	.05
Cs - Cm	0.001525**	0.001021	0.000754
Cs - Cl	0.001049**	0.001021	0.000754
Cm - Cl	0.000476NS	0.001021	0.000754

C.V. = 5.35%

(1) n ของคลองขนาดเล็กเท่ากับ 0.0176 เมื่อเทียบกับค่า n ของคลองขนาดกลางและใหญ่ซึ่งเท่ากับ 0.0161 และ 0.0165 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความสำคัญ .01

(2) ค่า n ของคลองขนาดกลางและใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า n เฉลี่ย ของคลองขนาดกลางและขนาดใหญ่เท่ากับ 0.0163

4. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่า n ระหว่างโครงการเก่า (นครปฐม) กับโครงการใหม่ (สองพี่น้อง) ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่า n เฉลี่ยของคลองขนาดต่าง ๆ ที่อัตราการไหลต่าง ๆ ระหว่างโครงการเก่ากับโครงการใหม่ แสดงอยู่ในตารางที่ 7 ซึ่งผลปรากฏว่า ค่า n เฉลี่ยของโครงการเก่ากับโครงการใหม่ ไม่มีความแตกต่างกันในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ขนาดคลองมีผลต่อค่า n เฉลี่ยเช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ในข้อ 3

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่า n เฉลี่ยของคลองขนาดใหญ่ ระหว่างโครงการฯ นครปฐม กับโครงการฯ สองพี่น้อง

Source of Variation	d.f.	SS	MS
Projects	1	0.0000012	0.0000012 NS
Treatments	8	0.00001118	0.00000139 **
Canal (C)	2	0.00001039	0.00000519 **
Discharge (Q)	2	0.00000061	0.0000003 NS
C x Q	4	0.00000017	0.00000004 NS
Error (R x T)	8	0.00000097	0.00000012
Total	17	0.00001335	

** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความสำคัญ 0.01

NS ไม่มีความแตกต่างกันในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. การเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่ใช้ในการออกแบบ

ผลการเปรียบเทียบค่า n ที่วัดได้กับค่าที่ใช้ในการออกแบบ แสดงอยู่ในตาราง

โครงการ	n		เปอร์เซนต์แตกต่าง	
	ที่วัดได้	ตามที่ออกแบบ	จากตามที่ออกแบบ	จาก 0.016*
นครปฐม	0.0172	0.014	18.84%	7.24%
สองพี่น้อง	0.0167	0.016	4.35%	-

*0.016 คือ ค่า n ตามเกณฑ์การออกแบบคลองที่ดาดคอนกรีตที่ใช้ในปัจจุบัน

โครงการฯ นครปฐม ค่า n ที่วัดได้แตกต่างจากตามที่ออกแบบ (0.014) เท่ากับ 18.84% เมื่อเปรียบเทียบค่า n ที่วัดได้กับเกณฑ์การออกแบบในปัจจุบันมีความแตกต่างเท่ากับ 7.24% ส่วนโครงการฯ สองพี่น้อง ค่า n ที่วัดได้แตกต่างจากตามที่ออกแบบ (0.016) เท่ากับ 4.35% เมื่อพิจารณาเปอร์เซนต์แตกต่างจากเกณฑ์การออกแบบในปัจจุบัน (0.016) จะเห็นได้ว่าโครงการฯ นครปฐมใช้ค่า n ออกแบบต่ำกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้ก็เพราะในการออกแบบใช้ค่า n เพียงค่าเดียวไม่ว่าจะเป็นคลองขนาดเล็ก กลาง หรือใหญ่ ซึ่งไม่ตรงกับความเป็นจริง ตามความเป็นจริงแล้ว ค่า n เฉลี่ยของคลองขนาดเล็กมีค่าสูงถึง 0.018 คลองขนาดใหญ่ - กลาง เท่ากับ 0.016 เหตุนี้จึงทำให้ค่า n เฉลี่ยที่วัดได้สูงกว่าที่ใช้ออกแบบ ถึงแม้จะเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปัจจุบัน (0.016) ดังนั้นในการออกแบบจึงควรพิจารณาแบ่งค่า n ตามขนาดคลอง

สรุป

1. ในการวัดหาค่า n ในคลองส่งน้ำที่ดาดด้วยคอนกรีตของโครงการฯ นครปฐม และโครงการฯ สองพี่น้อง ได้ค่า n เฉลี่ยดังนี้

ขนาดคลอง (C)	โครงการฯ นครปฐม			โครงการฯ สองพี่น้อง		
	อัตราการไหล (Q)			อัตราการไหล (Q)		
	มาก	ปานกลาง	น้อย	มาก	ปานกลาง	น้อย
ใหญ่	0.0163	0.0165	0.0166	0.0164	0.0165	0.0167
กลาง	0.0165	0.0168	0.070	0.0160	0.0161	0.0161
เล็ก	0.0181	0.0186	0.0189	0.0172	0.0176	0.0180
ค่าสูงสุด	0.0189			0.0180		
ค่าต่ำสุด	0.0163			0.0160		
ค่าเฉลี่ย	0.0173			0.0167		

2. จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่า n สำหรับคลองขนาดต่าง ๆ และอัตราการไหลต่าง ๆ กัน ทั้งของโครงการฯ นครปฐมและโครงการฯ สองพี่น้อง ได้ผลเหมือนกัน คือ ค่า n ของคลองขนาดใหญ่และกลางไม่มีความแตกต่างกันในระดับที่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่ค่า n ในคลองขนาดเล็กจะมีความแตกต่างกันทางสถิติกับคลองขนาดใหญ่และกลาง ดังนั้นสรุปได้ว่า ค่า n ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบควรจะมี 2 ค่า คือ ค่า n สำหรับคลองขนาดเล็กและค่า n สำหรับคลองขนาดกลาง - ใหญ่

3. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโครงการฯ นครปฐม (เก่า) กับโครงการฯ สองพี่น้อง (ใหม่) พบว่าค่า n เฉลี่ย (G.M.) ของ 2 โครงการเก่าหรือใหม่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าการบำรุงรักษาคลองของโครงการฯ นครปฐม อยู่ในเกณฑ์ดี

4. ค่า n เฉลี่ยของคลองขนาดใหญ่เท่ากับ 0.016 และคลองขนาดเล็ก 0.018 และจากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่า n ที่วัดได้กับค่าที่ใช้ออกแบบในปัจจุบัน พบว่าค่าที่ใช้ออกแบบต่ำกว่าความเป็นจริง เพราะใช้ค่า n ค่าเดียวออกแบบ

คลองทุกขนาดซึ่งไม่ตรงกับความเป็นจริง จึงควรพิจารณาตามขนาดคลอง คือ ค่า n เท่ากับ 0.016 สำหรับคลองขนาดใหญ่ - กลาง ที่มีอัตราการไหลมากกว่าหรือเท่ากับ 5 ม.^{3}/วินาที และค่า n เท่ากับ 0.018 สำหรับออกแบบคลองขนาดเล็กที่มีอัตราการไหลน้อยกว่า 5 ม.^{3}/วินาที

ข้อเสนอแนะ

1. ในอนาคตน่าจะพิจารณากำหนดค่า n ในการออกแบบเป็น 2 ค่าคือ ค่า n สำหรับคลองส่งน้ำที่ดาดด้วยคอนกรีตขนาดใหญ่-กลาง (อัตราการไหลมากกว่าหรือเท่ากับ 5 ม.^{3}/วินาที) เท่ากับ 0.016 และ n สำหรับคลองขนาดเล็ก (อัตราการไหลน้อยกว่า 5 ม.^{3}/วินาที) เท่ากับ 0.018

2. จากการสังเกตในระหว่างตรวจวัดข้อมูลในสนามพบว่าในคลองส่งน้ำดาดด้วยคอนกรีตขนาดเล็กมีวัชพืชตามท้องคลองและแขวนลอยติดมากับน้ำ ในอนาคตน่าจะทำการศึกษาผลของวัชพืชและตะกอนดินในคลองที่มีต่อค่า n

3. ค่า n ของโครงการฯ นครปฐม ซึ่งเป็นโครงการเก่าส่งน้ำมาแล้ว 19 ปี ยังอยู่ในช่วงค่า n ที่ใช้ในการออกแบบตามเกณฑ์ปัจจุบัน สำหรับคลองขนาดกลาง - ใหญ่ แสดงว่าการบำรุงรักษาคลองของโครงการฯ นครปฐม อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามเกณฑ์การออกแบบในปัจจุบัน ฉะนั้น ควรได้มีการศึกษาการบำรุงรักษาคลองส่งน้ำ เพื่อให้ค่า n จริงอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่ออกแบบ

เอกสาร

1. กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา. 2525. ปริมาณงาน. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ. 2 น.
2. มนตรี ค้ำชู. 2531. เครื่องมือวัดระดับพื้นที่อย่างง่าย. เอกสารเผยแพร่อันดับที่ 22. สำนักงานส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 14 น.
3. วิบูลย์ บุญยธโรกุล และ อภิชาติ อนุกูลอำไพ. 2529. การปรับปรุงการชลประทานในประเทศไทย รายงานการประชุมสัมนาเชิงปฏิบัติการ. กรมชลประทาน. กรุงเทพฯ 108 น.
4. สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย. 2526. ค่า Roughness Coefficient (n) ของโครงการชลประทานต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. อ้างโดย วิรัตน์ ขาวอุปถัมภ์. ฝ่ายจัดสรรน้ำ กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา. กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ (อัดสำเนา)
5. สมชาติ ชื่อวาจา. 2534. การหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งในคลองส่งน้ำที่ดาดด้วยคอนกรีต. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
6. ILACO/EMPIRE M&T, 1980, Meklong Irrigation Project Right Bank, Kingdom of Thailand Ministry of Agriculture and Cooperatives, Royal Irrigation Department, Bangkok, Thailand, 37 p.
7. Samaharn, V., P. Kamolsin and T. Mitomo, 1989, Hydraulic Analysis of Unsteady Flow on A Lateral Canal of the Song Phi Nong Project, Printing Branch, Office of The Secretary, Royal Irrigation Department, Bangkok, 56 p.