การพัฒนาโปรแกรม GATEOP สำหรับช่วยปรับประตูระบายน้ำหลัก ในระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบน

Development of GATEOP Program for Gate Operation of Mun Bon Irrigation System

ศุภชัย รุ่งศรี [1/] และ วราวุธ วุฒิวณิชย์ [2/]

บทคัดย่อ

การพัฒนาโปรแกรม GATEOP มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวนหาขนาดการเปิดบานสำหรับช่วยปรับประตูระบายน้ำหลักจำนวน 6 แห่ง ที่ควบคุมบังคับการไหลของน้ำเข้าพื้นที่ส่งน้ำทั้ง 6 โซน ในระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน เพื่อลดปัญหาความยุ่งยากและซับซ้อนในการปฏิบัติงานส่งน้ำ ในการควบคุมบังคับการไหลของน้ำไปยังพื้นที่เพาะปลูกที่กำหนดด้วยระดับน้ำและปริมาณน้ำที่ต้องการตามที่โปรแกรม WASAM 2.2 ช่วยแนะนำวางแผนการส่งน้ำประจำสัปดาห์ โปรแกรม GATEOP สามารถคำนวณหาขนาดการเปิดบานของประตูระบายน้ำ 3 ลักษณะ ได้แก่ Irrigation outlet ประตูระบายทดน้ำกลางคลอง และประตูระบายปากคลอง ซึ่งการไหลของน้ำผ่านบานประตูมีทั้งแบบอิสระและแบบท่วมท้ายบาน

การนำโปรแกรมไปใช้งานจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการ Operate ประตูระบายน้ำหลักและประตูระบายน้ำประกอบที่เกี่ยวข้องให้ระดับน้ำด้านเหนือน้ำอยู่ที่ระดับน้ำใช้การเต็มที่ ผลการคำนวณของโปรแกรมมีความเชื่อถือได้ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ผลการทดลองนำโปรแกรมไปใช้งาน พบว่า ค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำไหลผ่านบานประตูที่โปรแกรมใช้คำนวนกับที่ตรวจวัดได้ไม่เกิน ±10 เปอร์เซ็นต์

คำนำ

การส่งน้ำชลประทานจะประสบผลสำเร็จ นอกจากความสามารถในการวางแผนการส่งน้ำให้ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ต้องการจริงในการเพาะปลูกแล้ว เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติการส่งน้ำจะต้องสามารถควบคุมการส่งน้ำได้ตามแผนการส่งน้ำที่กำหนดไว้โดยอาศัยคลองส่งน้ำชลประทานและอาคารควบคุมน้ำที่อยู่ตามจุดต่าง ๆ ในระบบส่งน้ำชลประทาน ปัญหาของการปฏิบัติงานส่งน้ำที่สำคัญประการหนึ่งคือ การคำนวณหาขนาดการเปิดบานประตูระบายน้ำ เพื่อควบคุมบังคับการไหลของน้ำไปยังพื้นที่ที่กำหนดด้วยระดับและปริมาณที่ต้องการ ทั้งนี้เนื่องจากขนาดการเปิดบาน โดยเฉพาะกรณีที่น้ำไหลผ่านอาคารควบคุมน้ำแบบ Submerged Flow จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ต้องการควบคุม ระดับน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของอาคาร ซึ่งโดยปกติแล้วระดับน้ำด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำของอาคารจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำที่ไหลผ่านอาคารและอิทธิพลของระดับน้ำที่ยกตัวสูงขึ้น (Back Water Effect) จากการ ปิด-เปิด-ปรับ บานของอาคารทางด้านท้ายน้ำ จึงทำให้ไม่สามารถคำนวณหาขนาดการเปิดบานได้โดยตรง

[1/] นายช่างหัวหน้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน สำนักชลประทานที่ 6 จ.นครราชสีมา

[2/] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

ชลกรณ์ฉบับวันชูชาติ 4 มกราคม 2544 หน้า 103-115

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการคำนวณหาขนาดการเปิดบานประตูระบายน้ำ เป็นงานที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนงานหนึ่งของโครงการชลประทาน และหากโครงการชลประทานใดมิได้ให้ความสนใจกับการคำนวณหาขนาดการเปิดบาน ตลอดจนการปฏิบัติในการควบคุมบังคับการไหลของน้ำตามแผนการส่งน้ำที่กำหนดไว้อย่างจริงจังแล้ว จะมีผลโดยตรงกับประสิทธิภาพการส่งน้ำ การพัฒนาโปรแกรม GATEOP ที่สามารถช่วยในการคำนวณหาขนาดการเปิดบานประตูระบายน้ำหลักและช่วยลดภาระของเจ้าหน้าที่ในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปรับบานประตู จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับช่วยปฏิบัติงานส่งน้ำของโครงการชลประทาน

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการคือ

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรม GATEOP ให้เหมาะสมกับระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบน
2. เพื่อตรวจสอบความเชื่อถือได้ของโปรแกรม GATEOP
3. เพื่อทดลองนำโปรแกรม GATEOP ไปใช้งานในระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบน

ขอบเขตที่ทำการศึกษา

การศึกษานี้เฉพาะประตูระบายน้ำหลักจำนวน 6 แห่ง ในระบบส่งน้ำเขื่อนมูลบน ได้แก่ ปตร. Irrigation Outlet, ปตร. ทดน้ำกลางคลองส่งน้ำสายใหญ่ LMC กม. 21+000, ปตร. ปากคลองซอย 9R–LMC, ปตร. ปากคลองซอย 38R–LMC, ปตร. ทดน้ำกลางคลองซอย 38R–LMC กม. 3+000 และ ปตร. ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ RMC

วิธีการคำนวณหาขนาดการเปิดบาน ปตร. และข้อมูลที่ต้องการ

เมื่อทราบปริมาณน้ำ (Q) จะสามารถคำนวณหาขนาดการเปิดบาน (Go) ได้ การคำนวณจะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ Free Flow และ Submerged Flow

1. กรณีที่น้ำไหลผ่าน ปตร. เป็น Free Flow แสดงในภาพที่ 1 สามารถคำนวณหา Go เมื่อทราบ Q ได้โดยตรงจากสมการ (1) ตามหลักการควบคุมการส่งน้ำแบบควบคุมเหนือน้ำ (Upstream Control) ซึ่งจะควบคุมระดับน้ำหน้าอาคารที่ Full Supply Level (FSL) เมื่อทราบค่า Y จะสามารถคำนวณ Go ได้จากสมการ (2) (กรมชลประทาน. 2540)

$$Q = C_d L Go \sqrt{2gY} \qquad \text{.....(1)}$$

$$Go = \left(\frac{Y}{b} - \frac{Q.a}{b.L\sqrt{2gY}}\right) \qquad \text{.....(2)}$$

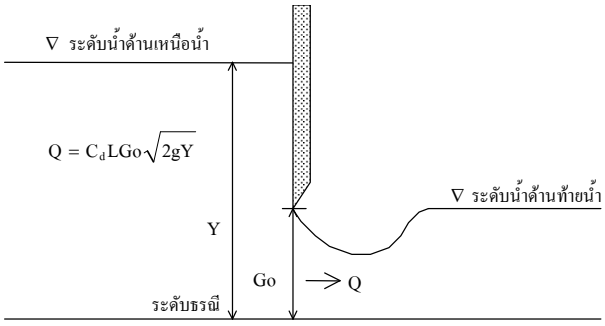
เมื่อ Cd = สัมประสิทธิ์การไหลผ่านอาคารแบบ Free Flow

a, b = สัมประสิทธิ์ของสมการ

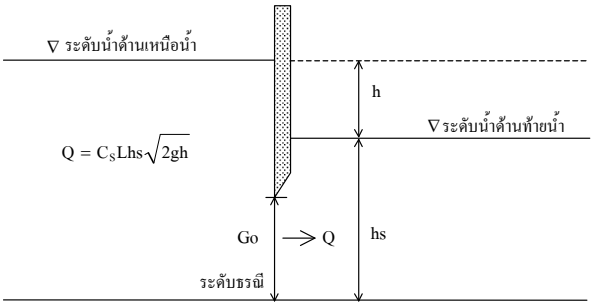
L = ความกว้างบาน ปตร. เป็น เมตร

g = 9.81 เมตร/วินาที ^{2}

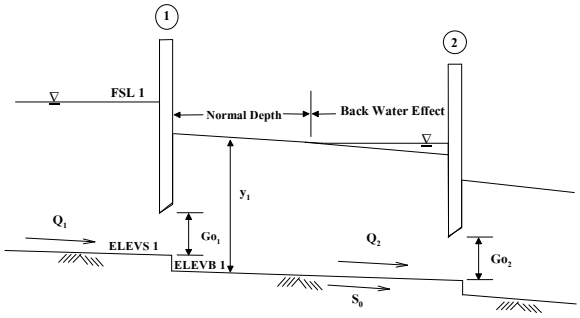
2. กรณีที่น้ำไหลผ่าน ปตร. แบบ Submerged Flow แสดงในภาพที่ 2 การคำนวณหา Go กรณีนี้จะยุ่งยากมากกว่ากรณี Free Flow เนื่องจากปริมาณการไหลของน้ำผ่าน ปตร. เหนือน้ำอาจได้รับอิทธิพลจาก Back Water Effect ซึ่งเกิดจากการควบคุมการ ปิด-เปิด-ปรับ ปตร. ท้ายน้ำได้ถ้าตำแหน่งอาคารอยู่ใกล้กันดังภาพที่ 4 แต่ถ้า ปตร. อยู่ไกลกัน Back Water Effect อาจมีอิทธิพลไม่ถึงดังภาพที่ 3 ดังนั้นการคำนวณหา Go จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ



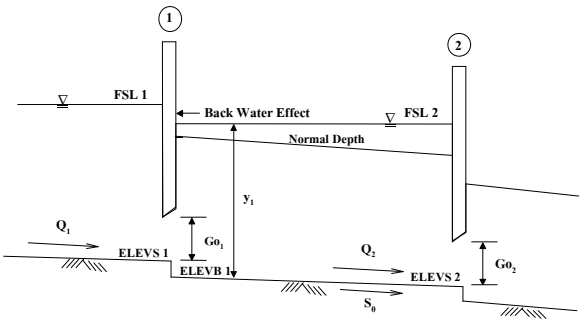
ภาพที่ 1 การไหลของน้ำผ่าน ปตร. แบบ Free Flow



ภาพที่ 2 การไหลของน้ำผ่าน ปตร. แบบ Submerged



ภาพที่ 3 กรณีที่ Back Water Effect จาก ปตร. 2 ไม่มีอิทธิพล ต่อการไหลของน้ำผ่าน ปตร. 1



ภาพที่ 4 กรณีที่ Back Water Effect จาก ปตร. 2 มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำผ่าน ปตร. 1

2.1 กรณีไม่มี Back Water Effect ดังภาพที่ 3 ระดับน้ำในคลองท้าย ปตร. จะอยู่ที่ Normal Depth ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร Manning จากสมการ (3) แต่ไม่สามารถคำนวณหา Normal Depth ได้โดยตรงจึงต้องคำนวณโดยวิธี Newton-Raphson ดังสมการ (4) เมื่อทราบค่า y_1 (Normal Depth) จะสามารถคำนวณหาค่า hs, h, C_S และ Go จากสมการที่ (5) และ (6) โดยตั้งสมมติฐานว่าระดับน้ำหน้า ปตร. อยู่ที่ FSL (กรมชลประทาน. 2540)

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_o^{1/2} \qquad \text{.....(3)}$$

$$y_{j+1} = y_j - \frac{1 - Q/Q_j}{\left(\frac{2}{3R}\frac{dR}{dy} + \frac{1}{A}\frac{dA}{dy}\right)_j} \qquad \text{.....(4)}$$

เมื่อ

y_{j+1} และ y_j = ค่า y ที่คำนวณได้ในรอบที่ j+1 และ j ตามลำดับ

Q = ค่า Q ที่กำหนดให้

Q_j = ค่า Q เมื่อ $y = y_j$

$$= \frac{1}{n} A_j R_j^{2/3} S_O^{1/2}$$

เมื่อ $R_j = A_j/P_j$

$A_j = (b + zy_j)y_j$

$P_j = b + 2y_j\sqrt{1 + z^2}$

$\left(\frac{2}{3R}\frac{dR}{dy} + \frac{1}{A}\frac{dA}{dy}\right)_j$ = Geometric Function ของทางน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งประเมินค่าที่ $y = y_j$

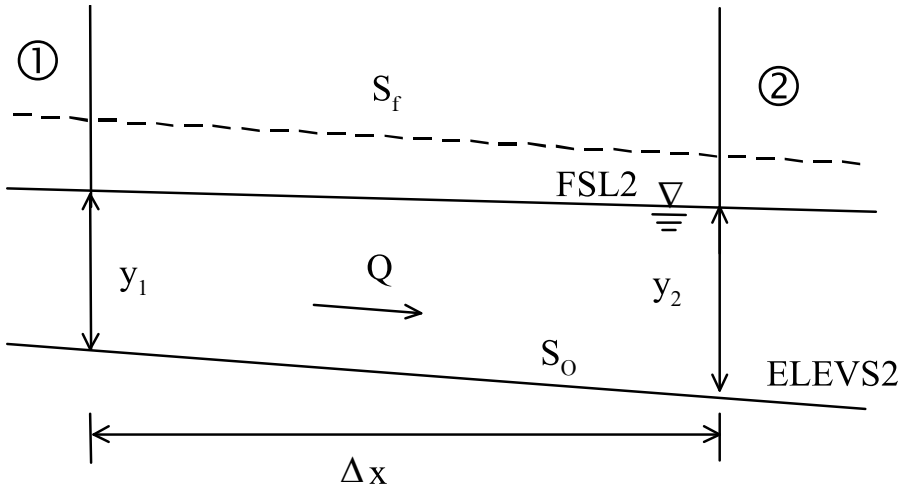
(วราวุธ. 2541)

$$= \frac{(b + 2zy_j)(5b + 6y_j\sqrt{1 + z^2} + 4zy_j^2\sqrt{1 + z^2})}{3y_j(b + zy_j)(b + 2y_j\sqrt{1 + z^2})}$$

$$Q = C_S L h_s \sqrt{2gh} \qquad \text{.....(5)}$$

$$Go = \frac{h_s}{aC_S^b} \qquad \text{.....(6)}$$

2.2 กรณีที่มี Back Water Effect จาก ปตร.ท้ายน้ำ ดังภาพที่ 4 จะต้องคำนวณหาระดับน้ำท้าย ปตร. โดยการคำนวณ Water Surface Profile จาก ปตร.ท้ายน้ำ (อาคารที่ 2) โดยตั้งสมมติฐานว่า “ระดับน้ำหน้า ปตร. ท้ายน้ำอยู่ที่ FSL2” การคำนวณ Water Surface Profile จากท้ายน้ำ ใช้วิธี Step Method (Depth Calculate from Distance) ดังภาพที่ 5 และสมการ (7)



ภาพที่ 5 Depth Calculated from Distance by Step Method

จาก $E_1 + S_O.\Delta x = E_2 + S_f.\Delta x$ จะได้

$$E_1 - \frac{1}{2}S_{f1}.\Delta x = E_2 - \frac{1}{2}S_{f2}.\Delta x + (S_{f2} - S_O)\Delta x \quad \text{.....(7)}$$

เมื่อ E = Specific Energy = $y + \frac{V^2}{2g}$

S_f = Friction Slope ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ Manning เมื่อทราบ Q, n และ $y = \left(\frac{Qn}{AR^{2/3}}\right)^2$

Δx = ระยะระหว่างช่วงคลองที่กำลังคำนวณ

การคำนวณค่า y_1 ใช้วิธี Trial and Error โดยวิธี Newton Ralphson จากสมการ (8) ในกรณีที่บางช่วงคลองมีคลองซอย คลองแยกซอย หรือท่อส่งน้ำเข้านา ซึ่งมีผลทำให้ Q ลดลง (Q varied) การคำนวณอิทธิพลของ Back Water Effect จะต้องพิจารณาถึงค่า Q ที่ลดลงด้วย เมื่อทราบ y_1 ท้ายอาคารจะสามารถคำนวณ hs, h, C_S และ Go ได้ในทำนองเดียวกับกรณีไม่มี Back Water Effect

$$y_{1_{j+1}} = y_{1_j} - \frac{U_{1_j} - U_1}{\left(\frac{df}{dy_1}\right)_j} \quad \text{.....(8)}$$

เมื่อ $U_1 = (E_2 - \frac{1}{2}S_{f2}.\Delta x) + (S_{f2} - S_O)\Delta x$

$U_{1_j} = E_1 - \frac{1}{2}S_{f1}.\Delta x$

$$\left(\frac{df}{dy_1}\right)_j = 1 - \frac{Q(b_1 + 2z_1 y_{1_j})}{gA_{1_j}^{3}} + \frac{\Delta x(Qn)^2}{2(A_1 R_1^{2/3})_j}\left(\frac{2}{3R_1}\frac{dR_1}{dy_1} + \frac{1}{A_1}\frac{dA_1}{dy_1}\right)_j$$

ในกรณีที่มีอาคารท้ายน้ำเป็นน้ำตก (Drop) หรือรางเท (Inclined Drop) ทำหน้าที่เป็น Control ทำให้การไหลของน้ำที่จุดนั้นจะเป็นแบบ Critical Flow จะคำนวณหา Critical Depth (y_c) สำหรับคลองรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ได้จากสมการ (9) การแก้สมการหาค่า Critical Depth (y_c) ใช้วิธี Trial and Error โดยวิธี Nowton-Raphson จากสมการ (10) จากนั้นคำนวณหา Back Water Surface Profile จากท้ายน้ำโดยวิธี Step Method เมื่อได้ค่า y_1 แล้วจะสามารถคำนวณ hs, h, C_S และ Go ได้ในทำนองเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

$$\frac{Q^2 B}{g.A^3} = 1 \qquad \text{.....(9)}$$

เมื่อ B = Top Width

A = Cross Sectional Area

$$y_C = y_o - \frac{f(y_o)}{f'(y_o)} \qquad \text{.....(10)}$$

เมื่อ $f(y) = \left(\frac{Q^2(b + 2zy)}{g\{(b + zy)y\}^3} - 1\right)$

$$f'(y) = \frac{Q^2}{g}\left(\frac{2z}{A^3} - \frac{3B^2}{A^4}\right)$$

3. การคำนวณในโปรแกรม GATEOP สามารถหา Go ของ ปตร. 3 ประเภท คือ

3.1 ปตร.Irrigation Outlet ของเขื่อนมูลบน ซึ่งการไหลของน้ำผ่านเป็นแบบ Free Flow

3.2 ปตร.ทดน้ำกลางคลอง ได้แก่ ปตร. ทดน้ำกลางคลอง LMC กม. 21+000 และ 38R-LMC กม. 3+000 ซึ่งการไหลเป็นแบบ Submerged Flow

3.3 ปตร. ปากคลอง ได้แก่ ปตร.ปากคลองซอย 9R-LMC ซึ่งการไหลเป็นแบบ Free Flow และ ปตร. ปากคลองซอย 38R-LMC และ RMC ซึ่งการไหลเป็นแบบ Submerged Flow

4. การพัฒนาโปรแกรม GATEOP ให้เหมาะสมกับระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบน ต้องกำหนด ปตร. ช่วงคลอง และจุดตรวจวัดน้ำในจุดติดตามผล (Monitoring Point) ต่างๆ เพื่อการคำนวณของโปรแกรม ต้องสำรวจค่าทางชลศาสตร์และมิติของ ปตร. ช่วงคลอง และท่อส่งน้ำเข้านาที่เกี่ยวข้องตามสภาพที่ปรากฏจริง ต้องทำการตรวจวัดน้ำเพื่อสอบเทียบ ปตร.หลัก และเพื่อการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของโปรแกรม หลังจากนั้นจึงทดลองนำโปรแกรมไปใช้งานจริงในสนาม

ผลและวิจารณ์

1. ในการพัฒนาโปรแกรม GATEOP เพื่อคำนวณหา Go ของ ปตร.หลักทั้ง 6 แห่ง มี ปตร.ประกอบที่เกี่ยวข้องจำนวน 9 แห่ง ช่วงคลองที่เกี่ยวข้องจำนวน 14 ช่วงคลอง และจุดตรวจวัดน้ำจำนวน 32 จุด แสดงผลการพิจารณา ปตร. ช่วงคลองและจุดตรวจวัดน้ำใน Monitoring Point ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในภาพที่ 6

2. ตัวอย่างผลการสำรวจค่าทางชลศาสตร์และมิติของ ปตร.หลัก ปตร.ประกอบ ช่วงคลอง จุดตรวจวัดน้ำและท่อส่งน้ำเข้านาใน Monitoring Point ต่างๆ ตามสภาพที่ปรากฏจริง ดังตัวอย่างในภาพที่ 7

3. ผลการสอบเทียบ ปตร. หลักใน Monitoring Point ที่ 7, 11, 16, 23 และ 31 ภายใต้การควบคุมระดับน้ำหน้า ปตร. อยู่ที่ FSL โดยใช้เครื่องวัดกระแสน้ำที่ทำการสอบเทียบแล้ว ได้ค่า a, b และ R^2 แสดงในตารางที่ 1

ผลการสอบเทียบ ปตร.Irrigation Outlet ใน Monitoring Point ที่ 1 จากข้อมูลการตรวจวัดน้ำ ที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน กรกฎาคม ปี พ.ศ. 2539 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2541 จำนวน 130 ครั้ง ได้ค่า C_d เฉลี่ยเท่ากับ 0.4863

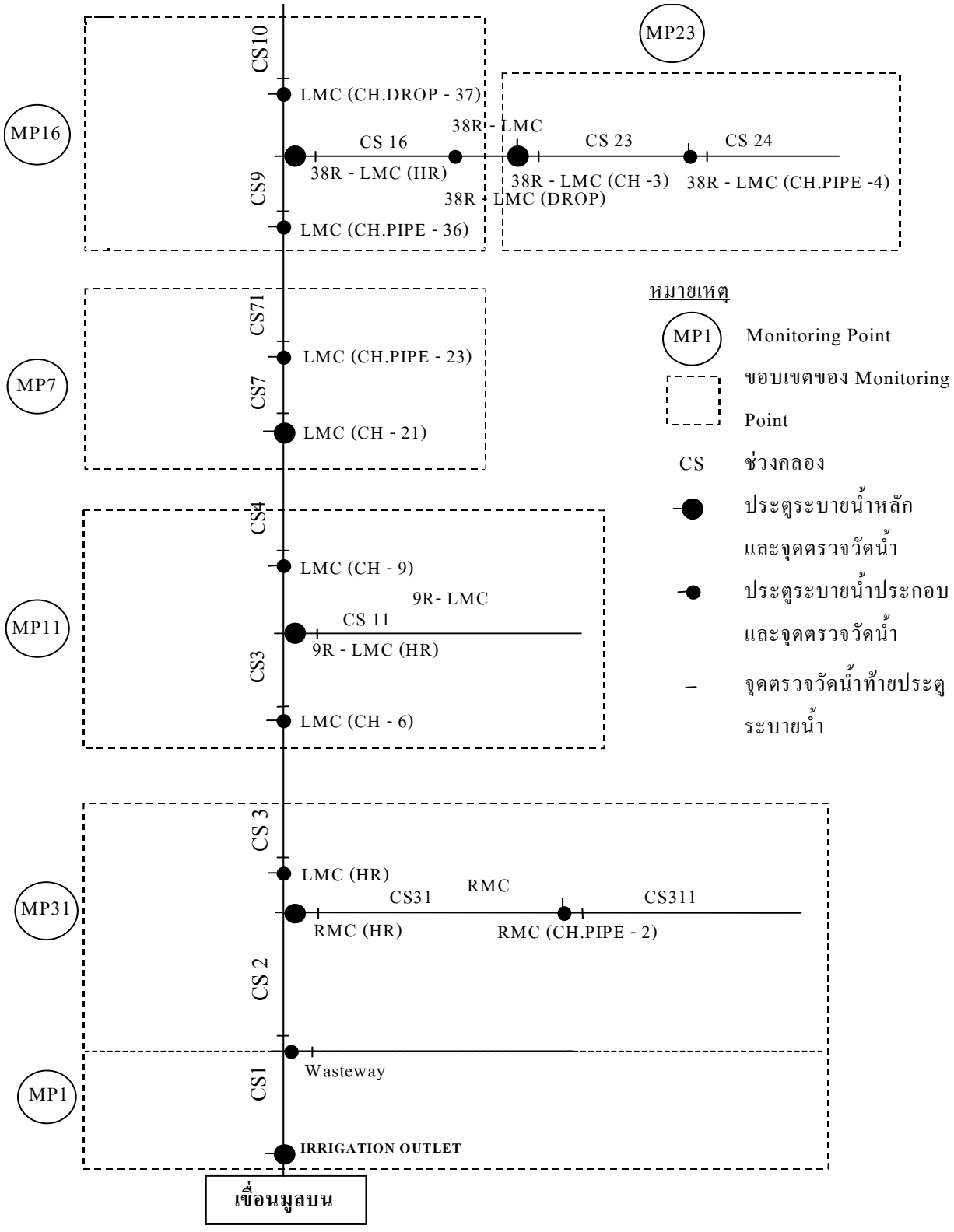
และจากการตรวจวัดน้ำใน ปตร.ประกอบที่เกี่ยวข้อง จึงได้ทำการสอบเทียบอาคารไว้ด้วย ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สำหรับเจ้าหน้าที่ในการคำนวณหา Go ของ ปตร. ประกอบที่เกี่ยวข้อง เพื่อการทดลองนำโปรแกรมไปใช้ และเพื่อประโยชน์สำหรับการพัฒนาโปรแกรม GATEOP เพิ่มเติมต่อไป ได้ค่า a, b และ R^2 แสดงในตารางที่ 2

4. โปรแกรม GATEOP ต้องการข้อมูลสำหรับการคำนวณหา Go ของ ปตร.หลักประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลคลองและอาคาร (Canal Data) ข้อมูลคลอง ได้แก่ bed slope (S_o), bed width (b), side slope (z), Manning's (n), ระดับธรณีอาคาร (ELEVS), ระดับพื้นคลองด้านท้ายอาคาร (ELEVB) และระดับ FSL หน้าอาคาร ส่วนข้อมูลอาคาร ได้แก่ ตำแหน่ง กม. ของอาคาร, Calibration Curve ของอาคาร, ความกว้างของ ปตร., ปริมาณการไหลสูงสุด (Q max)

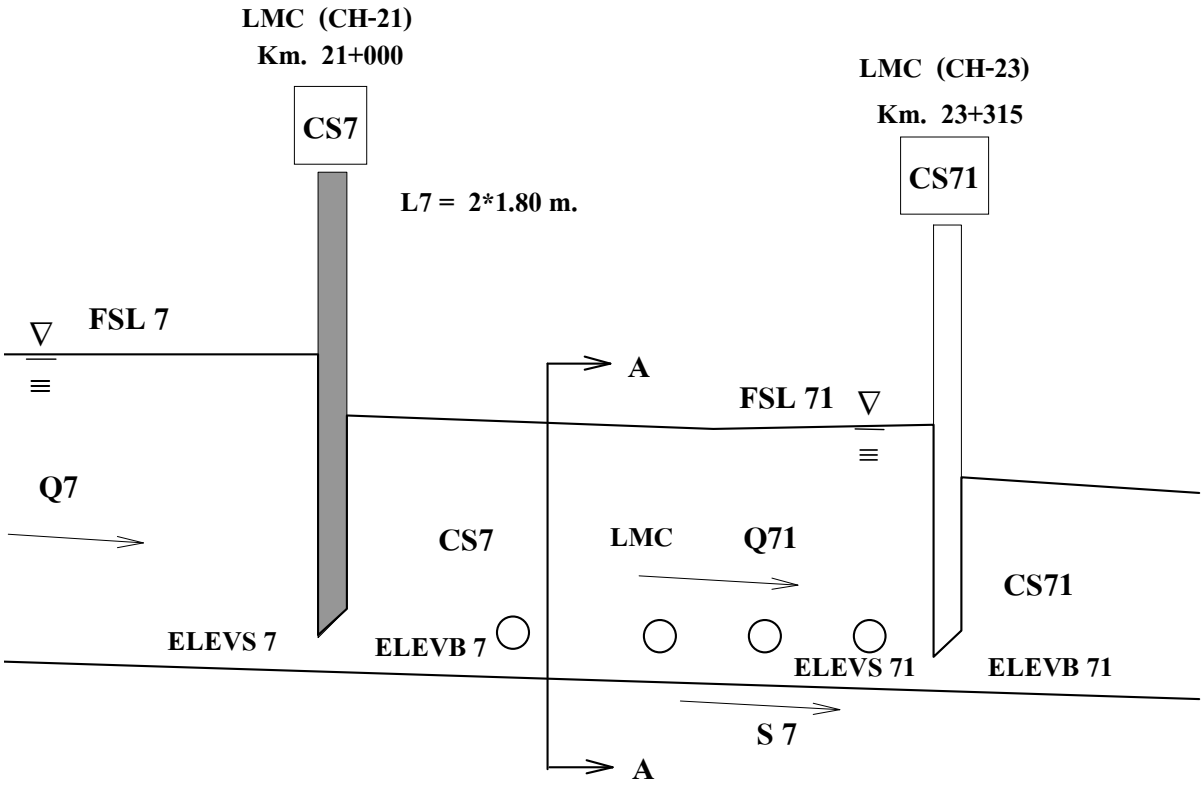
4.2 ข้อมูลประจำสัปดาห์ ได้แก่ ระดับน้ำในคลองหน้าอาคาร และ ปริมาณการส่งน้ำผ่านอาคาร

ข้อมูลคลองและอาคาร (Canal Data) ในแต่ละ Monitoring Point ที่บันทึกไว้ในโปรแกรมได้จากผลการสำรวจข้อมูลในสนาม ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลคงที่ (Fixed Data) มีรายละเอียดแสดงในภาพที่ 8 ถึง 13

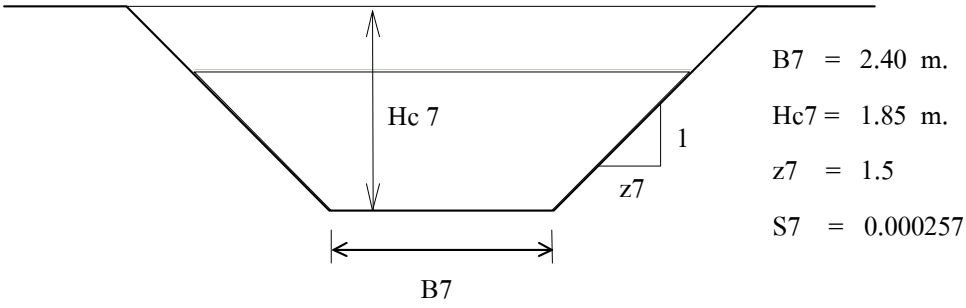


ภาพที่ 6 ผังแสดง ปตร. ช่วงคลอง และจุดตรวจวัดน้ำใน Monitoring Point

Monitoring Point 7 LMC (CH-21) - Submerged Flow



Section A - A



B7 = 2.40 m.
Hc7 = 1.85 m.
z7 = 1.5
S7 = 0.000257

Canal Section 7 (CS7)	Canal Section 71 (CS71)
Qmax 7 = 5.430 cms. (design)	Qmax 71 = 5.430 cms. (design)
FSL 7 = 200.832 m (MSL)	FSL 71 = 200.130 m (MSL)
ELEVS 7 = 199.209 m (MSL)	ELEVS 71 = 198.631 m (MSL)
ELEVB 7 = 199.222 m (MSL)	

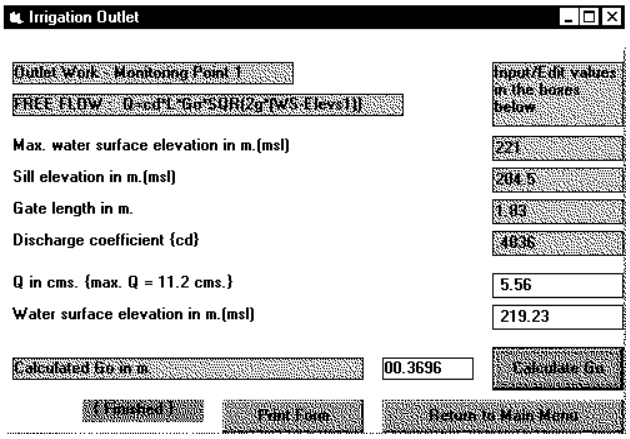
ภาพที่ 7 แสดงรายละเอียดผลการสำรวจค่าทางชลศาสตร์และมิติใน Monitoring Point 7

ตารางที่ 1 แสดงค่า a, b และ R^2 ของประตูระบายน้ำหลักในระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบน

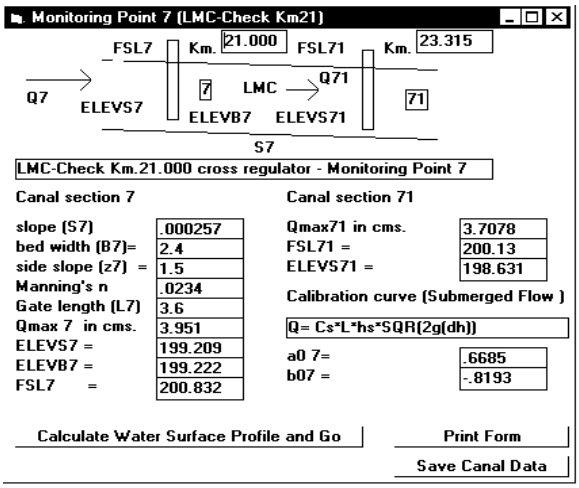
Monitoring Point (MP)	ปตร.	a	b	R^2
กรณีการไหลเป็นแบบ Submerged Flow [$hs/Go = aC_S^b$]				
MP7	LMC (CH-21)	0.6685	-0.8193	0.9915
MP16	38R-LMC (HR)	0.5347	-0.8901	0.9514
MP23	38R-LMC (CH-3)	0.8512	-0.6858	0.9852
MP31	RMC (HR)	0.6910	-0.8233	0.9719
กรณีการไหลเป็นแบบ Free Flow [$Y/Go = aC_d + b$]				
MP11	9R-LMC (HR)	-17.091	15.083	0.9907

ตารางที่ 2 แสดงค่า a, b และ R^2 ของประตูน้ำประกอบอื่นที่สำคัญในระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบน

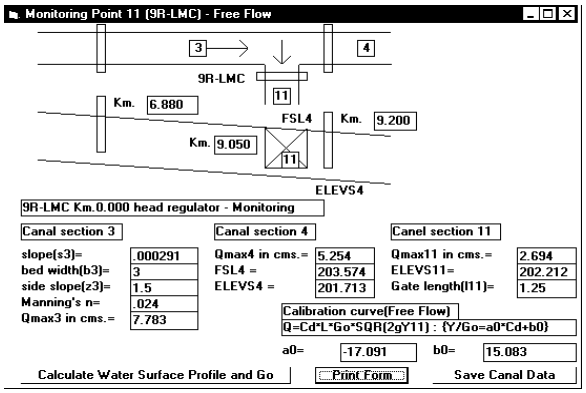
ตำแหน่งอาคาร	ปตร.	a	b	R^2
กรณีการไหลเป็นแบบ Submerged Flow [$hs/Go = aC_S^b$]				
LMC Km.1+633	LMC (HR)	0.5156	-1.2545	0.9694
LMC Km.6+880	LMC (CH-6)	0.9111	-0.7734	0.9773
LMC Km.9+200	LMC (CH-9)	0.6556	-0.9190	0.9750
LMC Km.36+010	LMC (CH.PIPE-36)	0.7221	-0.8593	0.9585
LMC Km.23+315	LMC (CH.PIPE-23)	0.8417	-0.6265	0.9392
LMC Km.4+500	38R-LMC (CH.PIPE-4)	0.5583	-1.0742	0.9617
RMC Km.2+420	RMC (CH.PIPE-2)	0.4579	-1.0965	0.9669
กรณีการไหลเป็นแบบ Free Flow [$Y/Go = aC_d+b$]				
LMC Km.0+170	WASTEWAY	-27.760	19.681	0.8571
LMC Km.37+859	LMC (CH.DROP-37)	-95.078	77.292	0.8599



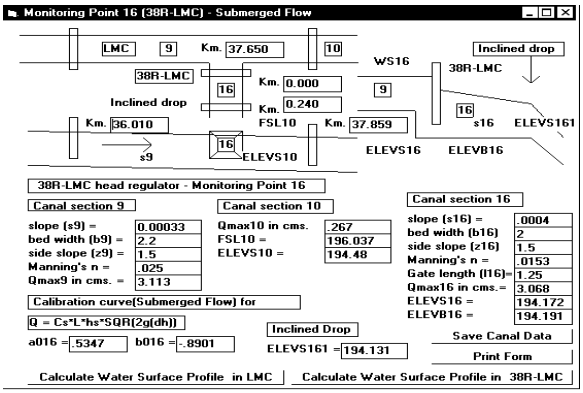
ภาพที่ 8 แสดงข้อมูลของ ปตร. Irrigation Outlet ใน Monitoring Point 1



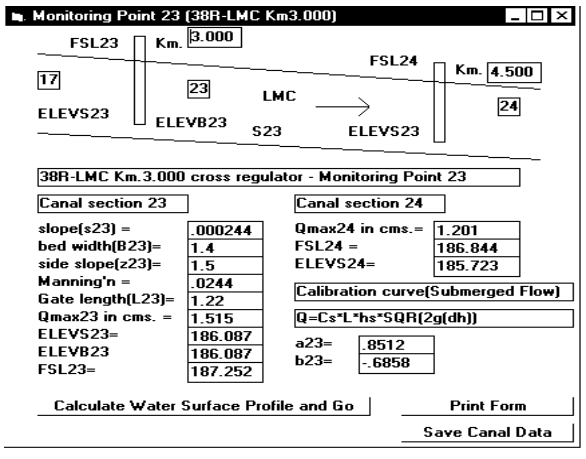
ภาพที่ 9 แสดงข้อมูลคลองและอาคารใน Monitoring Point 7



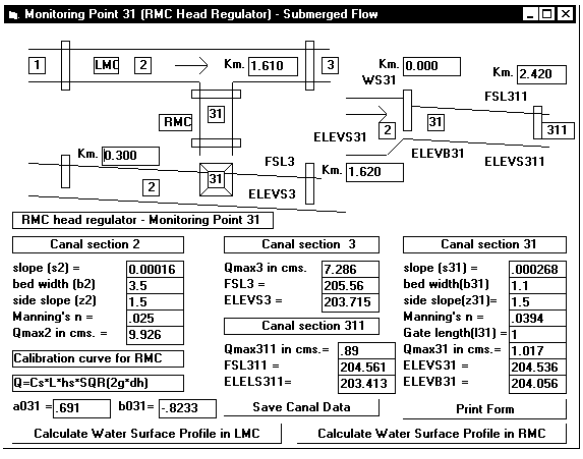
ภาพที่ 10 แสดงข้อมูลคลองและอาคารใน Monitoring Point 11



ภาพที่ 11 แสดงข้อมูลคลองและอาคารใน Monitoring Point 16



ภาพที่ 12 แสดงข้อมูลคลองและอาคารใน Monitoring Point



ภาพที่ 13 แสดงข้อมูลคลองและอาคารใน Monitoring Point

ค่า n หาได้จากการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของโปรแกรม และค่า Cd ค่า a, b และค่า Qmax หาได้จากการสอบเทียบอาคาร จะเป็นข้อมูลที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้ ตามอายุการใช้งาน สภาพคลองและสภาพอาคารที่เปลี่ยนแปลงไป ค่า n ที่หาได้ในระหว่างการศึกษาส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าที่ใช้ในการออกแบบ (0.018) และสำหรับค่า Qmax ของ ปตร.หลัก และ ปตร.ประกอบที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าที่ออกแบบไว้

5. ผลการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของโปรแกรม GATEOP จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าผลต่างระหว่างผลการคำนวณในโปรแกรมกับผลที่วัดได้จริงในสนามของค่า Y หรือค่า hs และค่า Go ของ ปตร.หลักทั้ง 6 แห่ง จากผลทางสถิติ T(T-Test) วิธี Paired Observation การทดสอบแบบ Two-Tailed Test พบว่าค่าเฉลี่ยของผลต่าง มีค่าเท่ากับศูนย์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 หรือโดยเฉลี่ยแล้วค่า Y หรือค่า hs และค่า Go จากผลการคำนวณในโปรแกรมกับค่าที่วัดจริงในสนามไม่มีความแตกต่างกัน (ศุภชัย. 2542)

6. ผลการทดลองนำโปรแกรม GATEOP ไปใช้งานในระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบน

6.1 ผลการทดลองเปิดบาน ปตร.หลัก เฉพาะในแต่ละ Monitoring Point พบว่าค่าความแตกต่างระหว่าง Q ผ่าน ปตร.หลัก ที่ใช้คำนวณกับผลที่วัดได้จริงในสนามไม่เกิน ±10เปอร์เซ็นต์ (ศุภชัย. 2542)

6.2 ผลการทดลองเปิดบาน ปตร.หลัก พร้อมกันทั้ง 6 Monitoring Point พบว่า

1.) โปรแกรม GATEOP สามารถช่วยเจ้าหน้าที่ในการคำนวณหา Go และช่วยลดภาระในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปรับบาน ปตร.หลัก ได้เป็นอย่างดี แต่เจ้าหน้าที่ผู้ ปิด-เปิดบาน ยังมีความยุ่งยากในการคำนวณหา Go ของ ปตร.ประกอบ และการควบคุมปริมาณการใช้น้ำในช่วงคลองด้านเหนือน้ำทั้งของ ปตร.หลัก และ ปตร.ประกอบ

2.) การเปิดบาน ปตร.หลัก ในสนาม (ยกเว้น ปตร.Irrigation Outlet) ตามที่โปรแกรม GATEOP คำนวณ และการควบคุมบังคับระดับน้ำด้านเหนือน้ำของ ปตร.หลัก หรือ ปตร.ประกอบ ที่เกี่ยวข้องให้อยู่ที่ FSL จะเป็นเครื่องชี้วัดให้เจ้าหน้าที่ ผู้ปิด–เปิดบาน ทราบว่า Q ผ่าน ปตร.หลัก ใน Monitoring Point เป็นไปตามที่ต้องการและหากระดับน้ำด้านเหนือน้ำของ ปตร.หลัก หรือ ปตร.ประกอบ ใดไม่อยู่ที่ FSL. เจ้าหน้าที่จะต้องเข้าไปควบคุมปริมาณการใช้น้ำของช่วงคลองด้านเหนือน้ำ

สรุปและข้อเสนอแนะ

โปรแกรม GATEOP พัฒนาขึ้นภายใต้เงื่อนไขของการ Operate ปตร.หลัก และ ปตร.ประกอบที่เกี่ยวข้องให้ระดับน้ำด้านเหนือน้ำอยู่ที่ระดับน้ำใช้การเต็มที่ (FSL) ดังนั้นการนำไปใช้งานจึงต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว ผลการคำนวณของโปรแกรมมีความเชื่อถือได้ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ผลการทดลองนำโปรแกรมไปใช้งาน พบว่าค่าความแตกต่างของ Q ผ่านบานประตูที่โปรแกรมใช้คำนวณกับที่

ตรวจวัดได้ไม่เกิน ±10 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถนำโปรแกรมไปใช้ช่วยปรับประตูระบายน้ำหลักในระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบนได้ตามวัตถุประสงค์

หากทางโครงการฯพบว่าผลการคำนวณ Go ไม่ถูกต้องหรือพบว่าสภาพอาคารเปลี่ยนแปลง ควรทำการสอบเทียบ ปตร.หลัก ภายใต้เงื่อนไขการ Operate บาน ปตร.ที่ระดับน้ำใช้การเต็มที่ (FSL) ทั้งนี้เพื่อหาค่า C_d หรือค่า a,b ใหม่แนะนำว่าควรทำทุก 5 ปี และหากพบว่าผลการคำนวณค่า Y (หรือ WS U/S) หรือค่า hs ไม่ถูกต้องหรือพบว่าสภาพคลองในช่วงคลองที่คำนวณเปลี่ยนแปลงไปจากผลการสังเกตในระหว่างการทดลองโปรแกรมมาก เช่น มีตะกอนหรือวัชพืชขึ้นมาก เป็นต้น ควรทำการ Trial and Error ค่า n ที่ใช้ในโปรแกรมใหม่

นอกจากนั้นทางโครงการฯ จำเป็นต้องปรับค่า Qmax ของ ปตร.หลัก และ ปตร.ประกอบที่เกี่ยวข้องในโปรแกรม WASAM 2.2 ใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับขีดความสามารถจริงของอาคารในสนาม ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรม GATEOP จะไม่แสดงผลการคำนวณ Go สำหรับค่า Q ผ่าน ปตร.หลัก ที่สูงกว่าค่า Qmax ที่กำหนดไว้ในโปรแกรม

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2540. การส่งน้ำและบำรุงรักษา รายงานทางวิชาการฉบับที่ 13 โครงการซ่อมแซมปรับปรุงเขื่อนมูลบน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 323 น.

ศุภชัย รุ่งศรี (2542). การพัฒนาโปรแกรม GATEOP สำหรับช่วยปรับประตูระบายน้ำหลักในระบบส่งน้ำของเขื่อนมูลบน. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 337 น.

วราวุธ วุฒิวณิชย์ (2523). อุทกวิทยาประยุกต์. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม. 459 น.