การสอบเทียบอาคารชลประทาน

19 กุมภาพันธ์ 2564

ความหมายของการสอบเทียบ(Calibration)

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

“กระบวนการในการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด ด้วยการเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดกับค่าจริงของสิ่งที่ถูกวัด”

อภิธานศัพท์เทคนิค ด้านการชลประทานและการระบายน้ำ 2553

“การปรับเทียบเครื่องมือ หรือ การหาค่าสัมประสิทธิ์ของอาคารชลประทาน หรือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์”

ความหมายของการสอบเทียบ (Calibration)

“กระบวนการในการตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณน้ำผ่านอาคารด้วยการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำผ่านอาคารที่คำนวณได้ทางทฤษฎีกับค่าที่วัดได้จริงในสนามและหาค่าปรับแก้เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าในสนาม”

ประโยชน์ของการสอบเทียบอาคาร

- สามารถใช้อาคารบังคับน้ำที่มีอยู่แล้ว วัดปริมาณน้ำผ่านอาคารได้โดยไม่ต้องสิ้นเปลืองการติดตั้งเครื่องมือวัดน้ำเพิ่มเติม
- ใช้ผลการสอบเทียบอาคาร มาประมาณค่าระยะยกบาน (G_o) จากค่าปริมาณน้ำผ่านอาคาร (Q) ที่กำหนด
- ใช้ประกอบการประเมินคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของอาคารชลประทาน

ดังนั้นการสอบเทียบอาคารจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อนำมาใช้บริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพ

ข้อมูลสนามที่จำเป็นในการสอบเทียบอาคาร

- ระดับธรณีประตู (เมตร รทก.)
- ลักษณะช่องระบาย (ท่อกลม/เหลี่ยม หรือ ประตู)
- จำนวนช่อง/แถว ทั้งหมด
- ขนาดช่อง (กว้าง-สูง, หรือเส้นผ่าศูนย์กลาง, เมตร)
- ระดับน้ำด้านเหนือน้ำ (เมตร รทก.)
- ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ, (เมตร รทก.)
- จำนวนช่องที่เปิดให้น้ำผ่านขณะตรวจวัดข้อมูล
- ระยะเปิดบาน (Go, เมตร)
- Q ที่วัดได้ในสนาม (ลบ.ม./วินาที)

ข้อมูลประกอบที่ควรมีในการปรับเทียบอาคาร

(Non-critical but necessary)

- ชื่อโครงการ
- ชื่ออาคาร (ปตร.ปาก/กลางคลอง, ทรบ. ฯลฯ)
- ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร (กม. ?, ของคลอง ?)
- วันที่ที่ทำการตรวจวัดข้อมูลสนาม
- ค่าแก้เปิดบาน (x_0)

หลักการสอบเทียบ

$$Q = C.A.V$$

C = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ

A = พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน

V = ความเร็วของกระแสน้ำ (ทฤษฎี)

(ขึ้นอยู่กับลักษณะการไหลด้านท้ายน้ำและประเภทอาคาร)

ลักษณะการไหลของน้ำผ่านอาคารชลประทาน

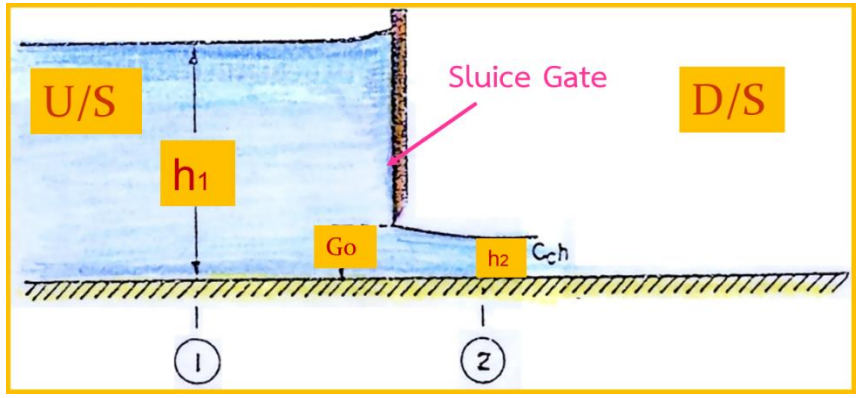
1. กรณีเปิดบานประตูบางส่วน
   - 1.1 การไหลท้ายประตูเป็นแบบอิสระ (free flow)
   - 1.2 การไหลท้ายประตูเป็นแบบจม (submerged flow)
2. กรณีเปิดบานประตูพ้นน้ำ

ตัวอย่างการสอบเทียบประตูระบายน้ำ
สูตรคำนวณปริมาณน้ำ

การไหลของน้ำผ่านประตูระบายน้ำ (Sluice gate และ Radial gate)

กรณีเปิดบานประตูบางส่วน

1.1 การไหลท้ายประตูเป็นแบบอิสระ (free flow)



$$Q = C_d L G_o \sqrt{2gh_1}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำลอดประตู (ลบ.ม. / วินาที)

L = ความกว้างของช่องประตู (ม.)

G_o = ความกว้างของการเปิดบาน (ม.)

h_1 = ระดับน้ำด้านหน้าประตู – ระดับธรณีประตู (ม.)
หรือความลึกของน้ำด้านหน้า

Cd = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำแบบ free flow

Sluice gate

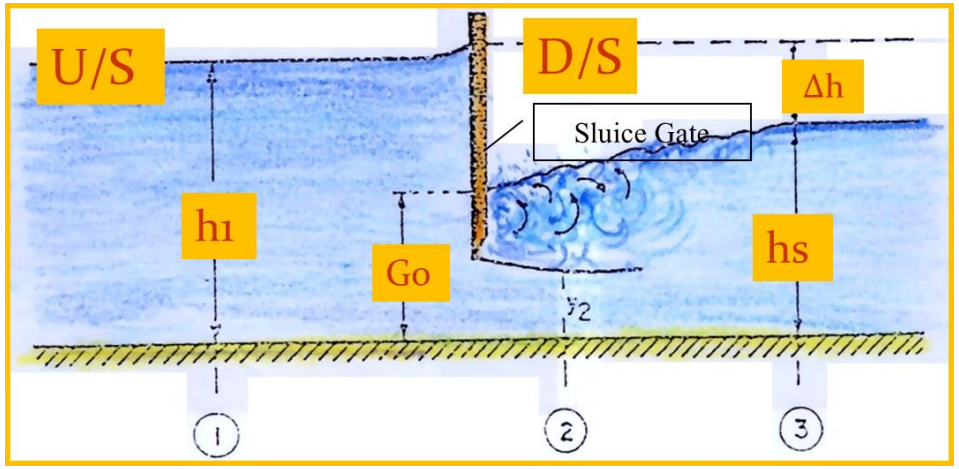
- การสอบเทียบหากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cd กับ h1/Go (Henry)

Radial gate

- การสอบเทียบหากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cd กับ h1/r เมื่อ Go/r ค่าต่าง ๆ

กรณีเปิดบานประตูบางส่วน

1.2 การไหลท้ายประตูเป็นแบบจม (submerged flow)



$$Q = C_s L h_s \sqrt{2g\Delta h}$$

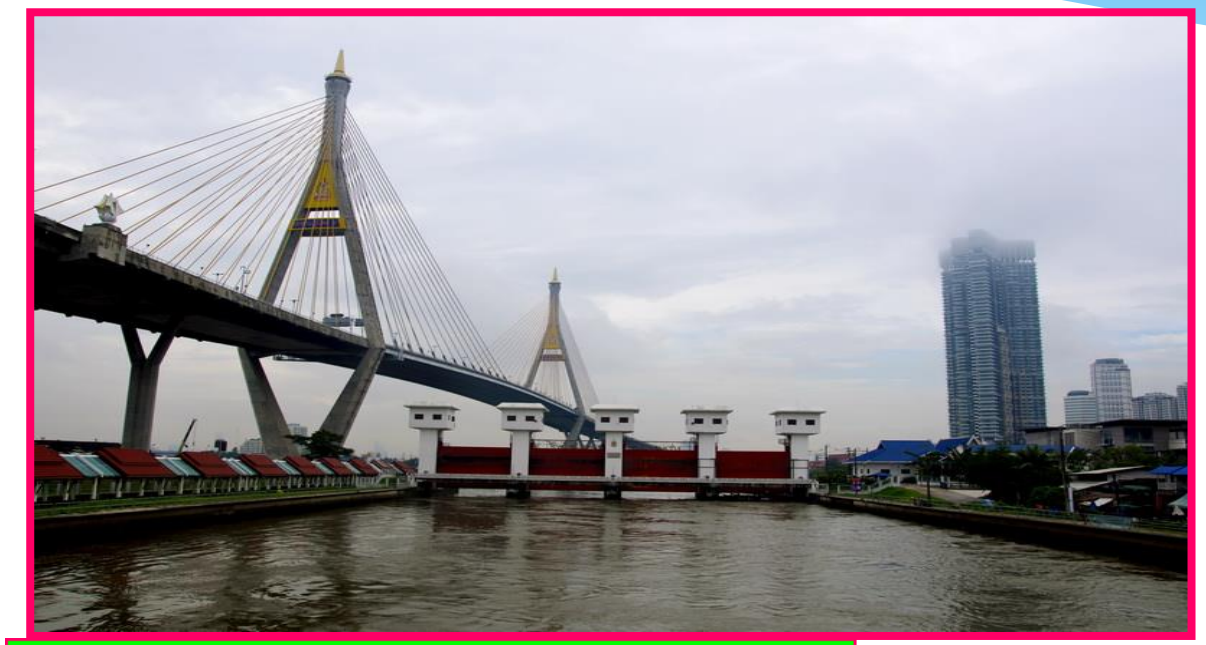
L = ความกว้างของช่องประตู

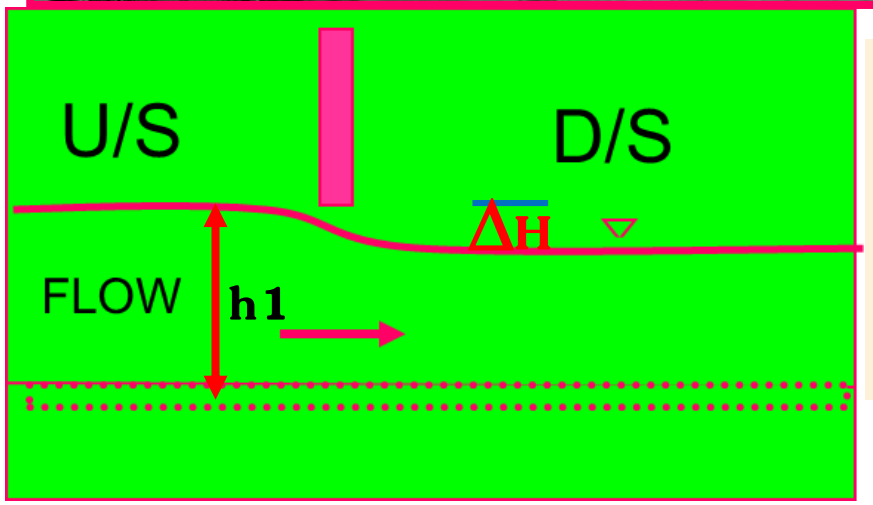
h_s = ระดับท้ายน้ำ – ระดับธรณีประตู หรือความลึกด้านท้ายน้ำ

Δh = ระดับน้ำด้านหน้าประตู - ระดับน้ำด้านท้ายประตู

การสอบเทียบหากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cs กับ hs/Go (U.S. Army Corps of Engineer)

2. กรณีเปิดบานประตูพ้นน้ำ





$$Q = CL(h_1 - \frac{\Delta H}{3})\sqrt{2g\Delta H}$$

เมื่อ h_1 = ความลึกด้านหน้าประตู (ระดับน้ำด้านหน้า-ธรณีประตู)

ΔH = ระดับน้ำด้านหน้าประตู – ระดับน้ำด้านท้ายประตู

L = ความกว้างของช่องประตู , (ม.)

2. กรณีเปิดบานประตูพ้นน้ำ

$$Q = CA_3\sqrt{2g(\Delta H + \frac{v_1^2}{2g})}$$

- การสอบเทียบหากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง C กับ ระดับน้ำด้านท้ายประตู และคำนวณปริมาณน้ำโดยใช้สูตร

$$Q = CA_3\sqrt{\frac{2g\Delta H}{1-C^2\frac{A_3^2}{A_1^2}}}$$

A1 = พื้นที่หน้าตัดด้านหน้าประตู (ตร.ม.)

A3 = พื้นที่หน้าตัดด้านหลังประตู (ตร.ม.)

ตัวอย่างการคำนวณ

การสอบเทียบประตูระบายน้ำ

- โครงการชลประทานสมุทรปราการ
- อาคารประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์
- ตำแหน่งที่ตั้งคลองลัดโพธิ์
- วันที่ 19 พฤษภาคม-1,5 และ6 มิถุนายน 2556
- ค่าแก้เปิดบาน (x_0) -

ข้อมูลสนามที่จำเป็นในการสอบเทียบอาคาร

- ระดับธรณีประตู - 7.00 เมตร รทก.
- ลักษณะช่องระบายเป็นประตูระบายน้ำบานตรง
- จำนวน 4 ช่อง
- ขนาดช่องกว้าง 14 เมตร L= 14x4=56 เมตร
- ระดับน้ำด้านเหนือน้ำ -0.08 เมตร รทก.
- ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ -0.315 เมตร รทก.
- จำนวนช่องที่เปิดให้น้ำผ่านขณะตรวจวัดข้อมูล 4 ช่อง
- ระยะเปิดบาน (Go) 0.50 เมตร
- Q ที่วัดได้ในสนาม 28.82 ลบ.ม./วินาที

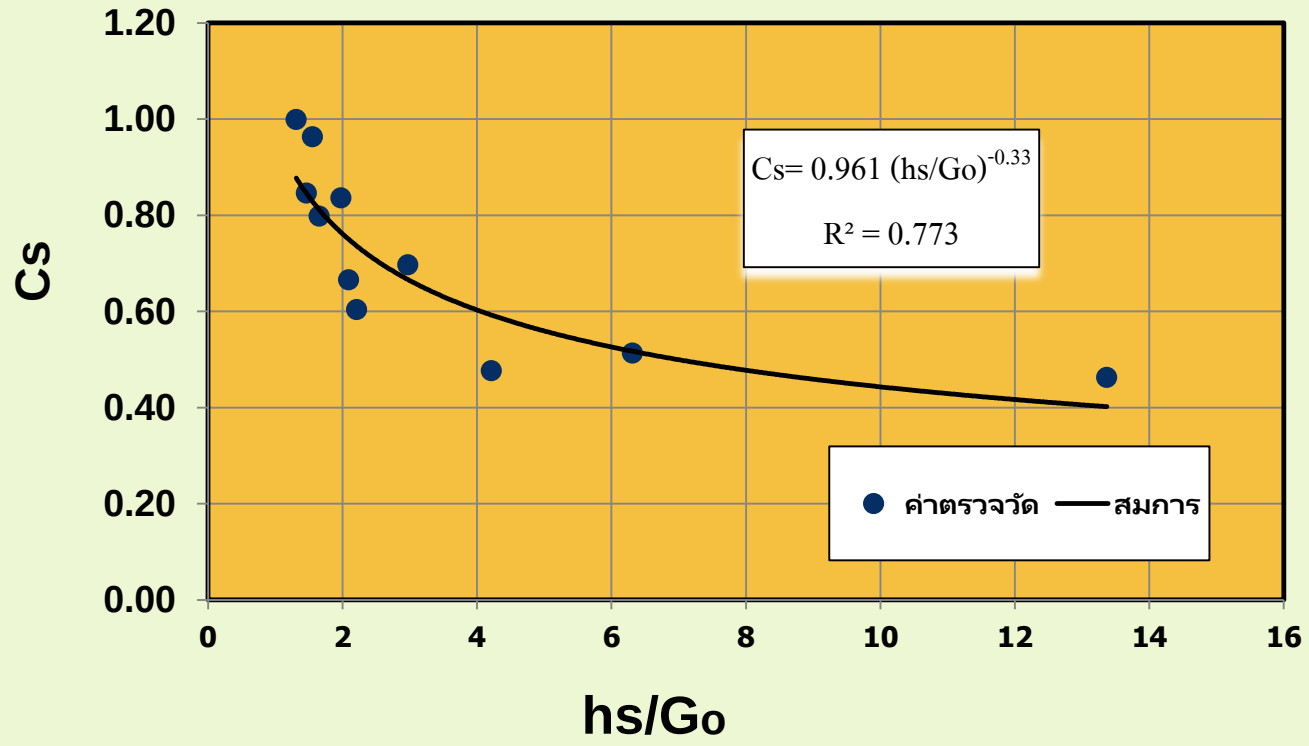
ลักษณะการไหลด้านท้ายน้ำเป็นแบบจม (Submerged flow)

- ความแตกต่างของ ระดับน้ำ ΔH = -0.08 – (-0.315)= 0.235 ม.
- ความลึกด้านท้ายน้ำ hs = -0.315 – (-7)= 6.685 ม.
- hs/Go = 6.685/0.5 = 13.37
- หาค่า Cs จากสูตร $Q = C_s L h_s \sqrt{2g\Delta H}$
- Cs= 27.82/(56x6.685x(2x9.81x0.235)^0.5) = 0.463
- $Cs = 0.961 \times (hs/Go)^{-0.33}$

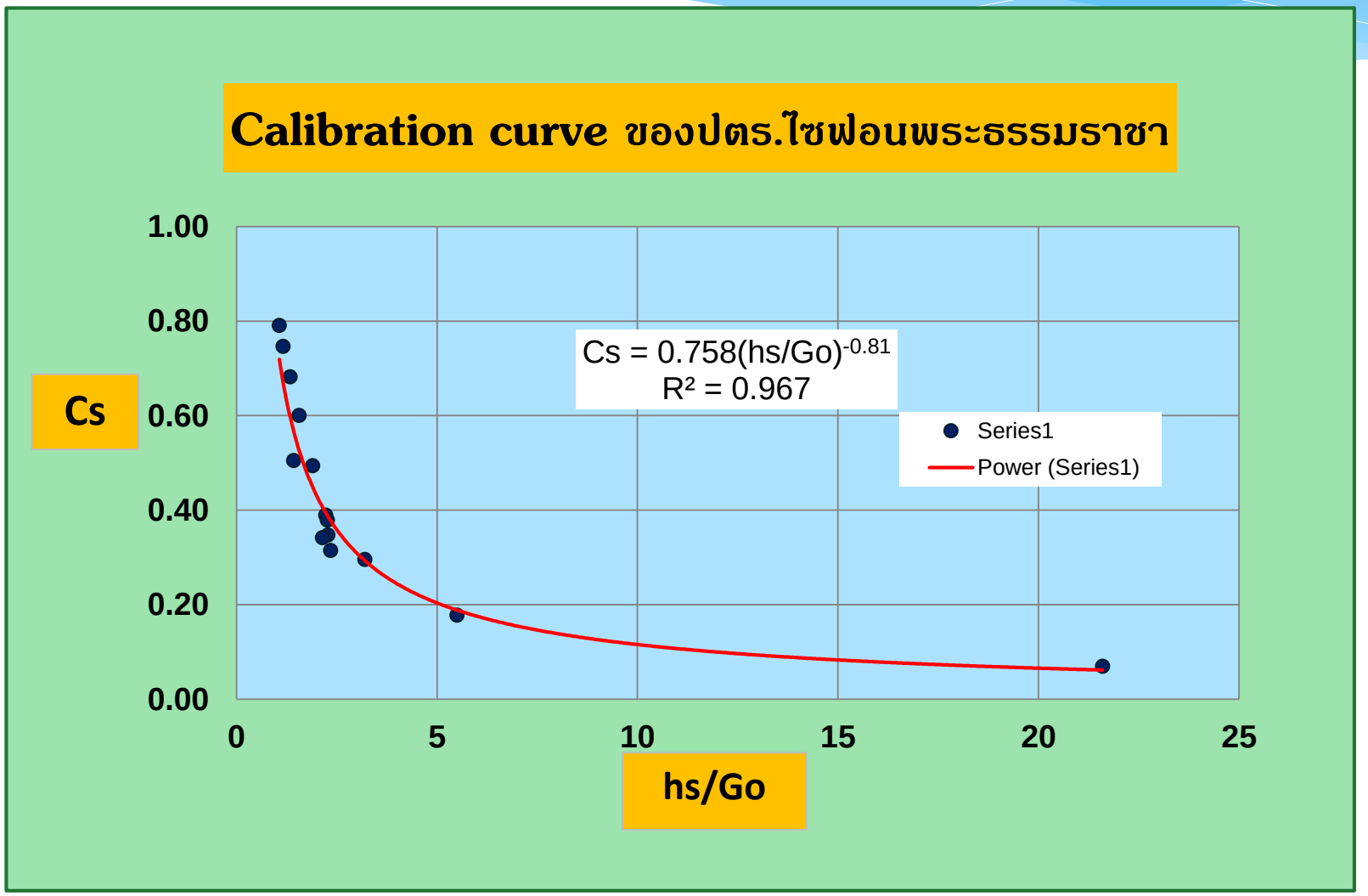
ตารางที่ 1 การสอบเทียบประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์กรณีเปิดบานประตูบางส่วน วันที่ 19 พ.ค.56 , 1,5,6 มิ.ย.56

ครั้งที่	การเปิดบาน Go,(ม.)	ระดับน้ำด้านหน้า WL.U/S, (ม.)	ระดับน้ำด้านท้าย WL.D/S, (ม.)	ความแตกต่างของระดับน้ำ Y (ม.)	อัตราการไหล Q (ลบ.ม./วินาที)	ความลึกด้านท้ายน้ำ hs (ม.)	hs/Go	ค่าสัมประสิทธิ์การไหล Cs
1	0.50	-0.08	-0.315	0.235	27.82	6.685	13.37	0.463
2	1.00	-0.38	-0.685	0.305	70.316	6.315	6.32	0.513
3	1.50	-0.44	-0.675	0.235	86.084	6.325	4.22	0.477
4	3.00	-0.491	-0.727	0.236	240.728	6.273	2.09	0.666
5	4.00	-0.631	-0.777	0.146	365.012	6.223	1.56	0.963
6	3.00	-0.151	-0.361	0.210	205.888	6.639	2.21	0.604
7	4.00	-0.211	-0.387	0.176	332.144	6.613	1.65	0.798
8	5.00	-0.331	-0.450	0.119	427.332	6.550	1.31	0.999
9	2.00	-0.811	-1.057	0.246	171.416	5.943	2.97	0.697
10	3.00	-0.841	-1.067	0.226	295.588	5.933	1.98	0.836
11	4.00	-0.881	-1.147	0.266	432.896	5.853	1.46	0.846

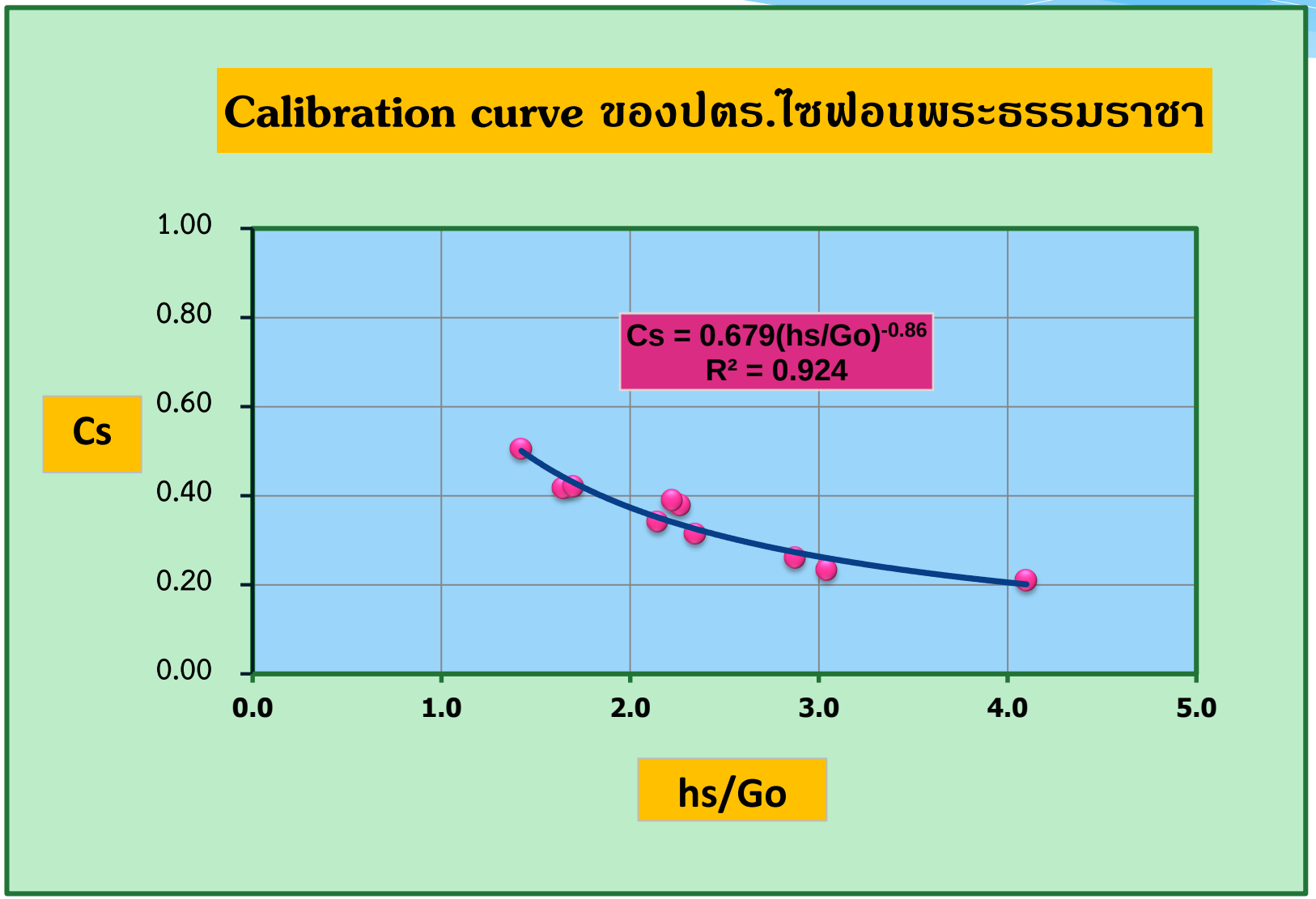
Calibration curve ของประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์ กรณีการไหลท้ายน้ำแบบจม (Submerged Flow)



ตัวอย่าง Calibration curve กรณีการไหลแบบ Submerge flow



ตัวอย่าง Calibration curve กรณีการไหลแบบ Submerge flow



กรณีเปิดบานประตูพ้นน้ำ

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์ กรณีเปิดบานประตูพ้นน้ำ

ครั้งที่	วัน-เดือน-ปี	ระดับน้ำด้านหน้า WL.U/S, (ม.)	ระดับน้ำด้านท้าย WL.D/S, (ม.)	ความแตกต่างของระดับน้ำ h (ม.)	อัตราการไหล Q, (ลบ.ม./วินาที)	ค่าสัมประสิทธิ์การไหล C
1	1 มิ.ย. 56	-0.851	-0.967	0.116	565.108	0.75
2	5 มิ.ย. 56	-0.621	-0.707	0.086	206.684	0.412
3	6 มิ.ย. 56	-0.911	-0.927	0.016	415.504	0.911

ข้อมูลสนามที่จำเป็นในการสอบเทียบอาคาร

- ระดับน้ำด้านเหนือน้ำ – 0.851 เมตร รทก.
- ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ – 0.967 เมตร รทก.
- จำนวนช่องที่เปิดให้น้ำผ่านขณะตรวจวัดข้อมูล 4 ช่อง
- ระยะเปิดบาน (G_o,) = – เมตร
- Q ที่วัดได้ในสนาม 565.108 ลบ.ม./วินาที

ตัวอย่างการคำนวณกรณีเปิดบานประตูพ้นน้ำ

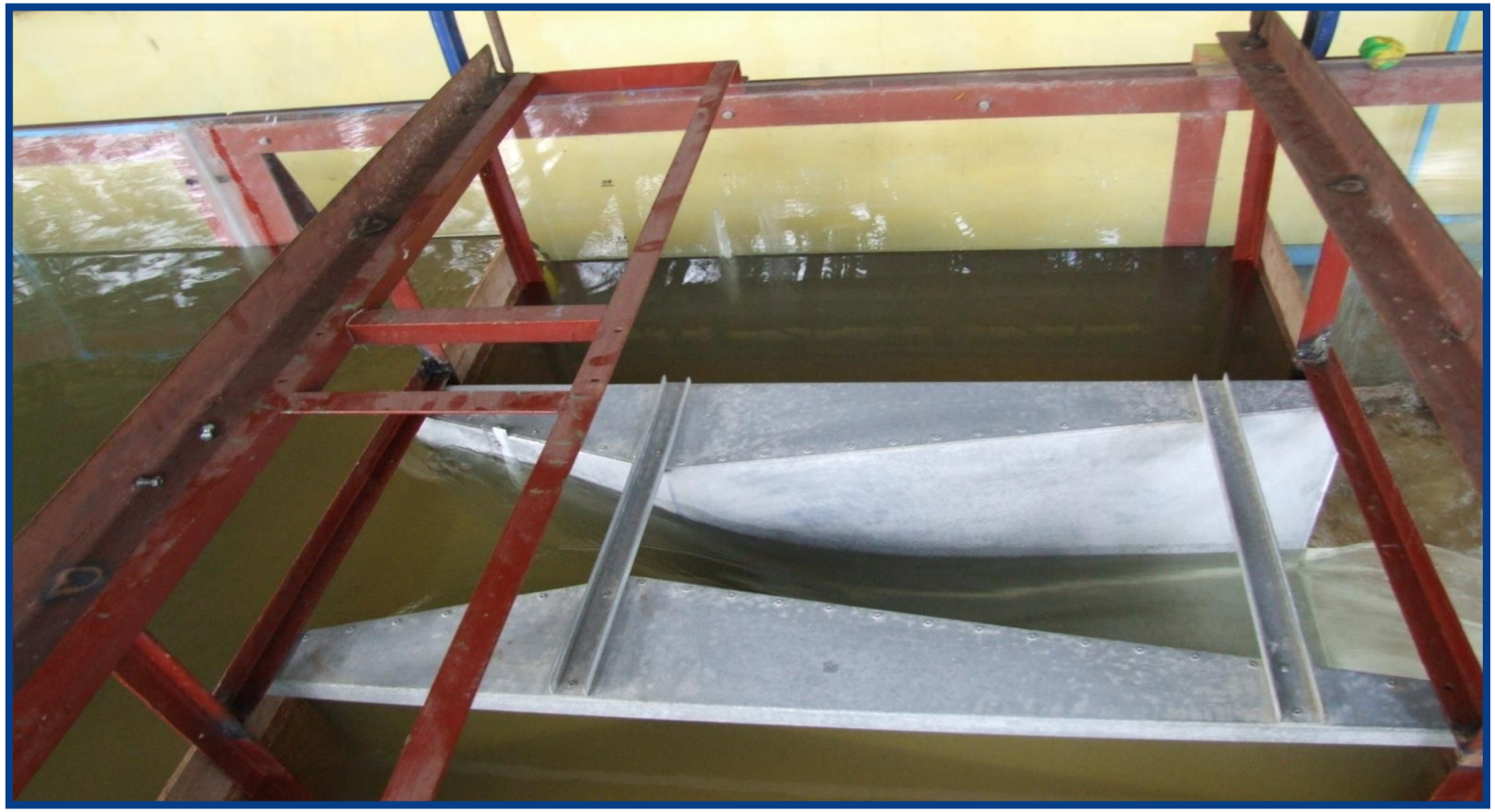
- ความแตกต่างของ ระดับน้ำ ΔH = -0.851 – (-0.967)= 0.116 ม.
- ความลึกด้านเหนือน้ำ h1 = -0.851 – (-7)= 6.149 ม.
- ความลึกด้านท้ายน้ำ hs = -0.967 – (-7)= 6.033 ม.
- หาค่า C จากสูตร

$$Q = CA_3\sqrt{2g(\Delta H + \frac{v_1^2}{2g})}$$

C=565.108/(56x6.033x(2x9.81x(0.116+(565.108/6.149)^2/(2x9.81))^0.5)

= 0.75

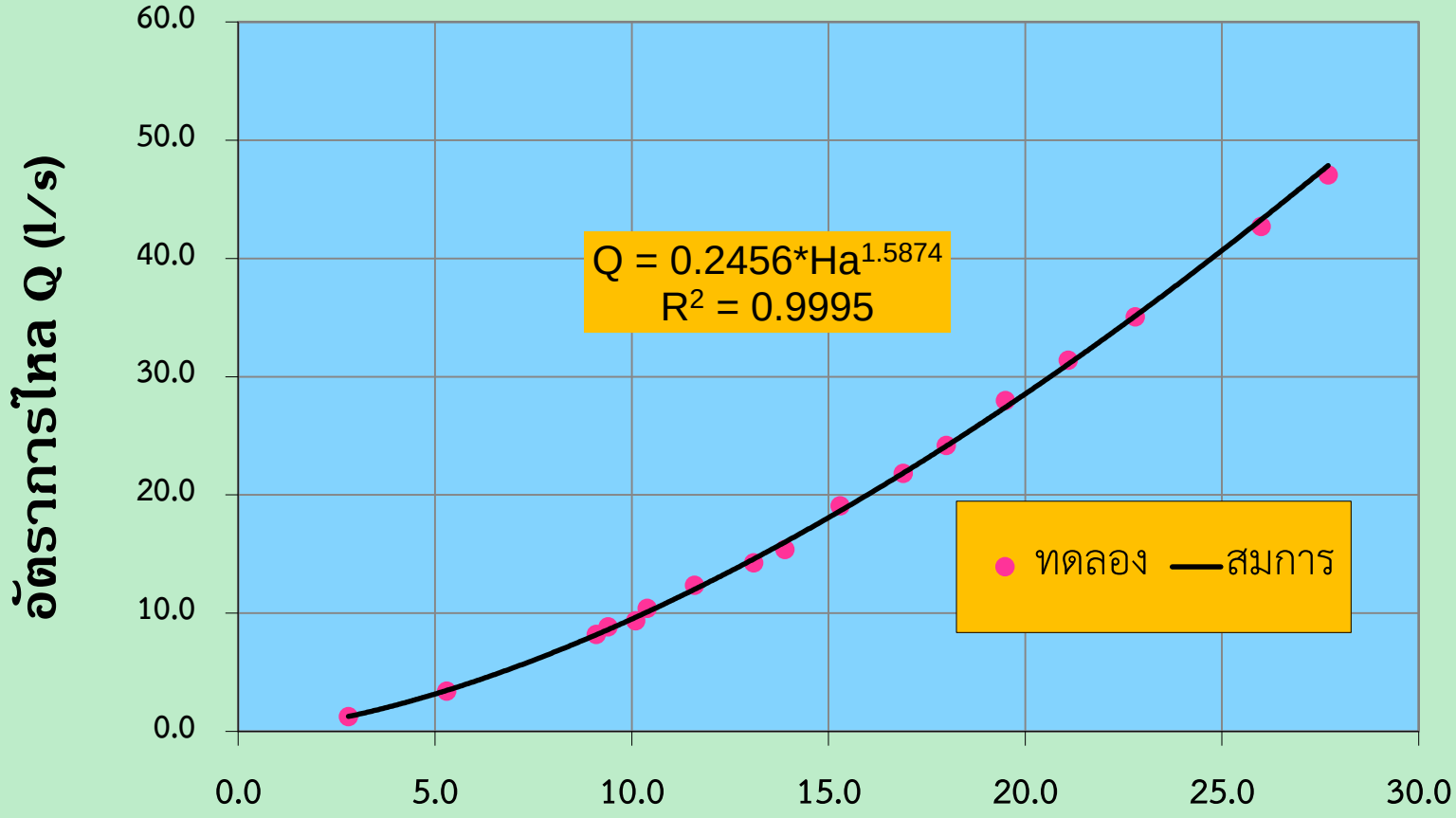
สอบเทียบรางวัดน้ำแบบ Cutthroat Flume ขนาด15X90 cm.



ตารางที่ 3 การสอบเทียบรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut-throat Flume) ขนาด 15X90 ซม. กรณีการไหลเป็นแบบอิสระ

Ha (cm)	Qm (l/s)	Qf (l/s)	Error (%)
2.80	1.252	1.26	-0.534
5.30	3.423	3.47	-1.262
9.10	8.200	8.18	0.272
9.40	8.850	8.61	2.792
10.10	9.357	9.65	-3.028
10.40	10.422	10.11	3.111
11.60	12.353	12.02	2.759
13.10	14.260	14.58	-2.200
13.90	15.391	16.02	-3.923
15.30	19.098	18.66	2.371
16.90	21.838	21.85	-0.037
18.00	24.190	24.15	0.182
19.50	27.991	27.42	2.090
21.10	31.413	31.07	1.093
22.80	35.075	35.14	-0.189
26.0	42.705	43.287	-1.344
27.7	47.086	47.865	-1.628

สอบเทียบ Cutthroat Flume ขนาด 15X90 cm



ความหมายของการสอบเทียบอาคารชลประทาน

"เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ (discharge coefficient) ผ่านอาคารชลประทาน เพื่อใช้คำนวณอัตราการไหลผ่านอาคารชลประทาน หรือเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับระดับน้ำเหนือ-ท้ายอาคาร ระยะการเปิดบานประตูระบายน้ำ สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผ่านอาคาร รวมทั้งปัจจัยอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการทำงาน โดยจัดทำเป็นตารางสำหรับหาปริมาณน้ำ หรือ Calibration Curve หรือ Rating Curve "

เกณฑ์การพิจารณากำหนดความถี่ในการสอบเทียบ

1. ประวัติการสอบเทียบ
2. จุดวิกฤติในการสอบเทียบ
3. การบำรุงรักษา
4. ความถี่ในการใช้งาน

จบการนำเสนอ