การสอบเทียบอาคารชลประทาน

9 กุมภาพันธ์ 2565

ความหมายของการสอบเทียบ(Calibration)

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

“ กระบวนการในการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด ด้วยการเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดกับค่าจริงของสิ่งที่ถูกวัด ”

อภิธานศัพท์เทคนิค ด้านการชลประทานและการระบายน้ำ 2553

“ การปรับเทียบเครื่องมือ หรือ การหาค่าสัมประสิทธิ์ของอาคารชลประทาน หรือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ”

ความหมายของการสอบเทียบ (Calibration)

“ กระบวนการในการตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณน้ำผ่านอาคารด้วยการเปรียบเทียบค่าปริมาณน้ำผ่านอาคารที่คำนวณได้ทางทฤษฎีกับค่าที่วัดได้จริงในสนามและหาค่าปรับแก้เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าในสนาม ”

ความหมายของการสอบเทียบอาคารชลประทาน

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

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)

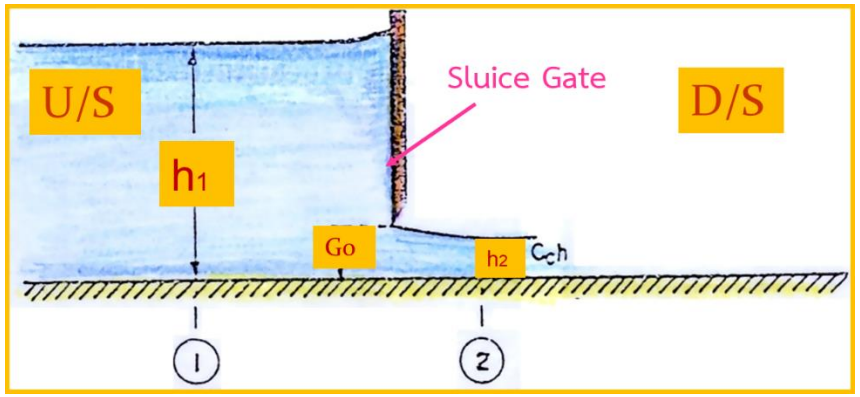
2. กรณีเปิดบานประตูพ้นน้ำ

ตัวอย่างการสอบเทียบประตูระบายน้ำ
สูตรคำนวณปริมาณน้ำ

การไหลของน้ำผ่านประตูระบายน้ำ (Sluice gate และ Radial gate)

กรณีเปิดบานประตูบางส่วน

1.1 การไหลท้ายประตูเป็นแบบอิสระ (free flow)



Sluice gate

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

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำลอดประตู (ลบ.ม. / วินาที)
L = ความกว้างของช่องประตู (ม.)
G_o = ความกว้างของการเปิดบาน (ม.)
h_1 = ระดับน้ำด้านหน้าประตู – ระดับธรณีประตู (ม.)
หรือความลึกของน้ำด้านหน้า
Cd = ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำแบบ free flow

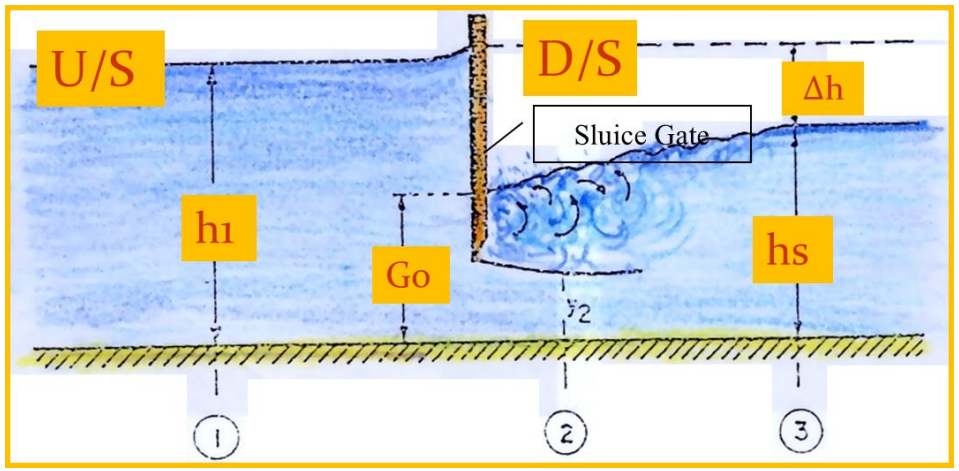
- การสอบเทียบหากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cd กับ h1/Go (Henry)

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

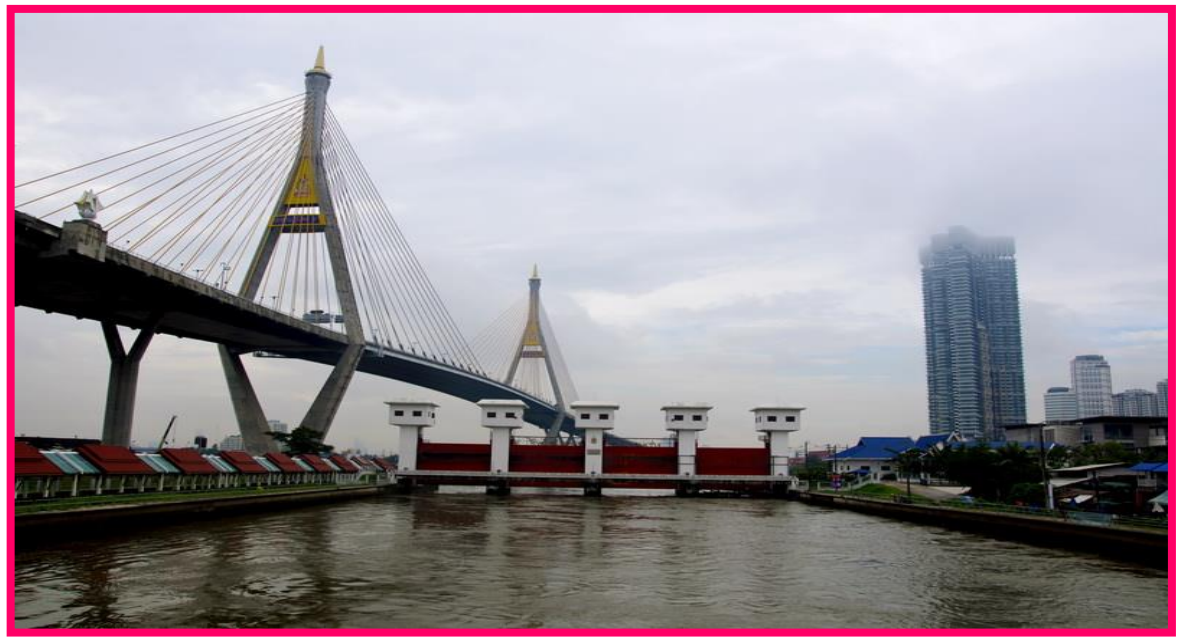
h_s = ระดับท้ายน้ำ – ระดับธรณีประตู
หรือความลึกด้านท้ายน้ำ

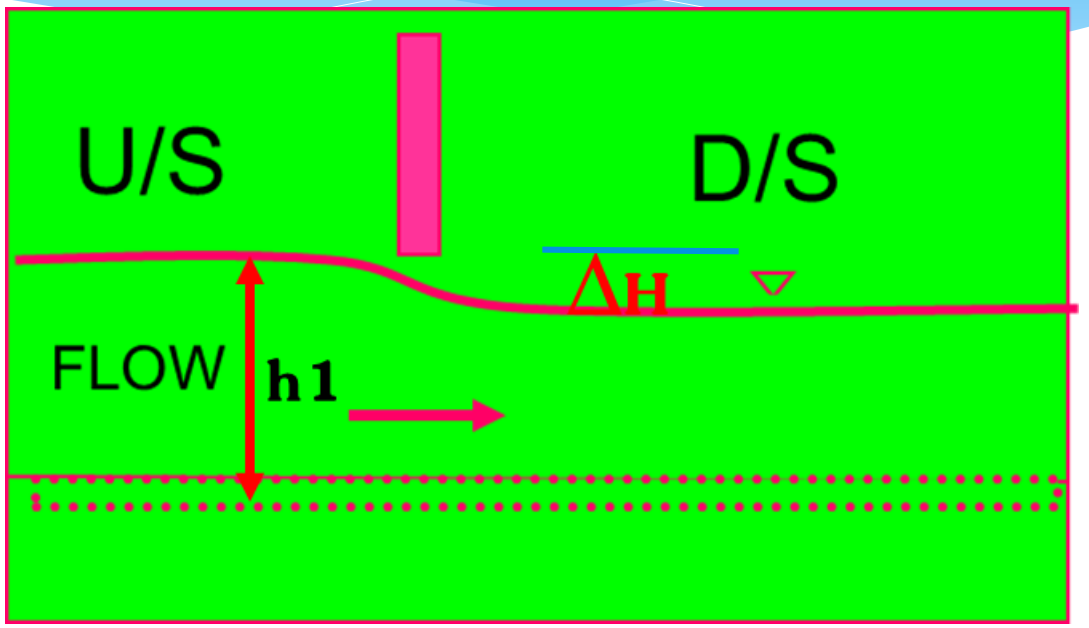
Δh = ระดับน้ำด้านหน้าประตู - ระดับน้ำด้านท้ายประตู

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)

- ความแตกต่างของระดับน้ำ 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

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

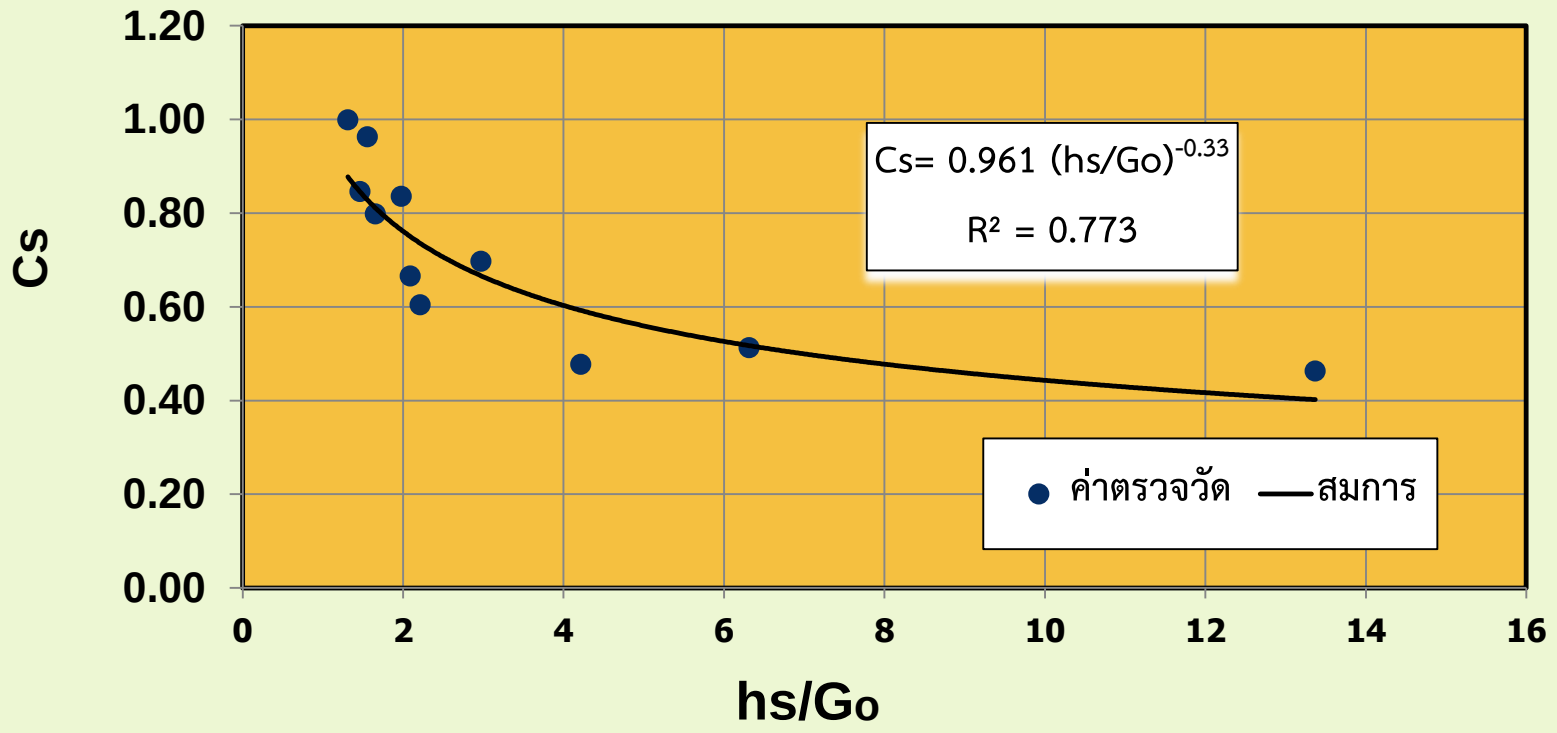
- Cs = 28.82/(56x6.685x(2x9.81x0.235)^0.5) = 0.463

$$Cs = 0.961 \times (hs/Go)^{-0.33}$$

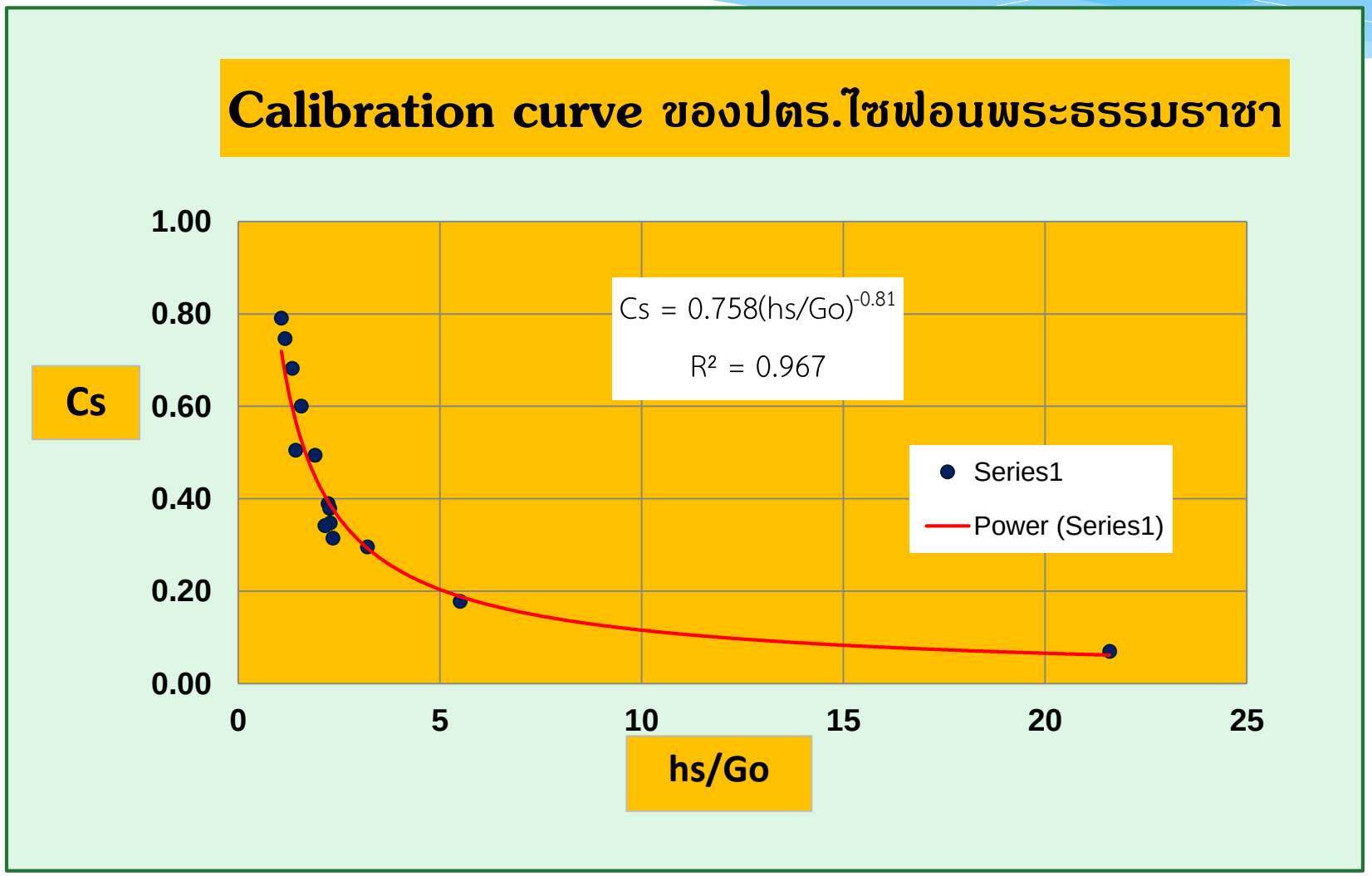
ตารางที่ 1 การสอบเทียบประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์กรณีเปิดบานประตูบางส่วน วันที่ 19 พ.ค.56 , 1,5,6 มิ.ย.56

ครั้งที่	การเปิดบาน Go,(ม.)	ระดับน้ำด้านหน้า WL.U/S, (ม.)	ระดับน้ำด้านท้าย WL.D/S, (ม.)	ความแตกต่างของ ระดับน้ำ Y (ม.)	อัตราการไหล Q (ลบ.ม./วินาที)	ความลึกด้าน ท้ายน้ำ 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



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

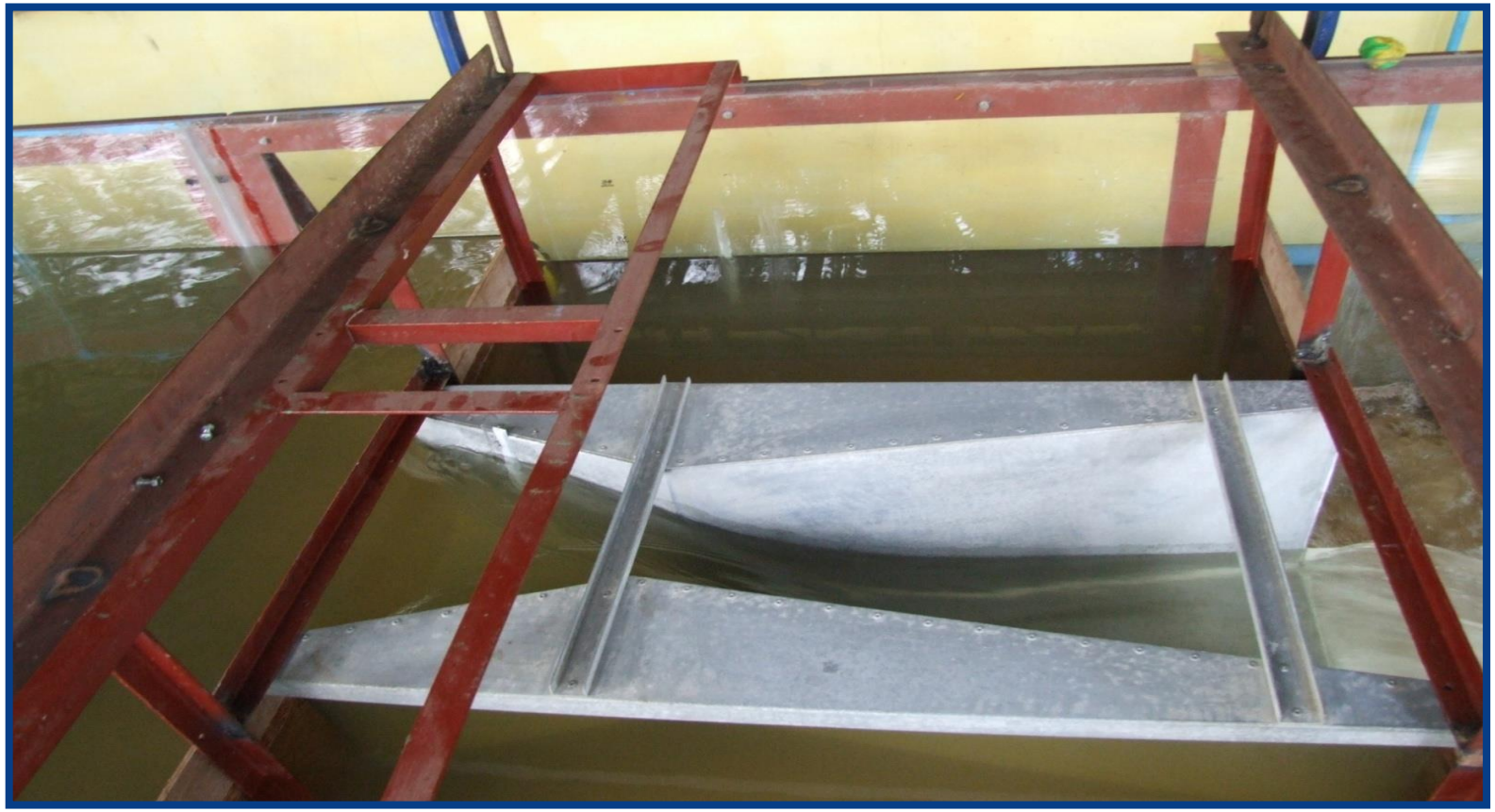
- ความแตกต่างของ ระดับน้ำ ΔH = -0.851 – (-0.967)= 0.116 ม.
- ความลึกด้านเหนือน้ำ h1 = -0.851 – (-7)= 6.149 ม.
- ความลึกด้านท้ายน้ำ hs = -0.967 – (-7)= 6.033 ม.
- หาค่า C จากสูตร

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

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

= 0.75

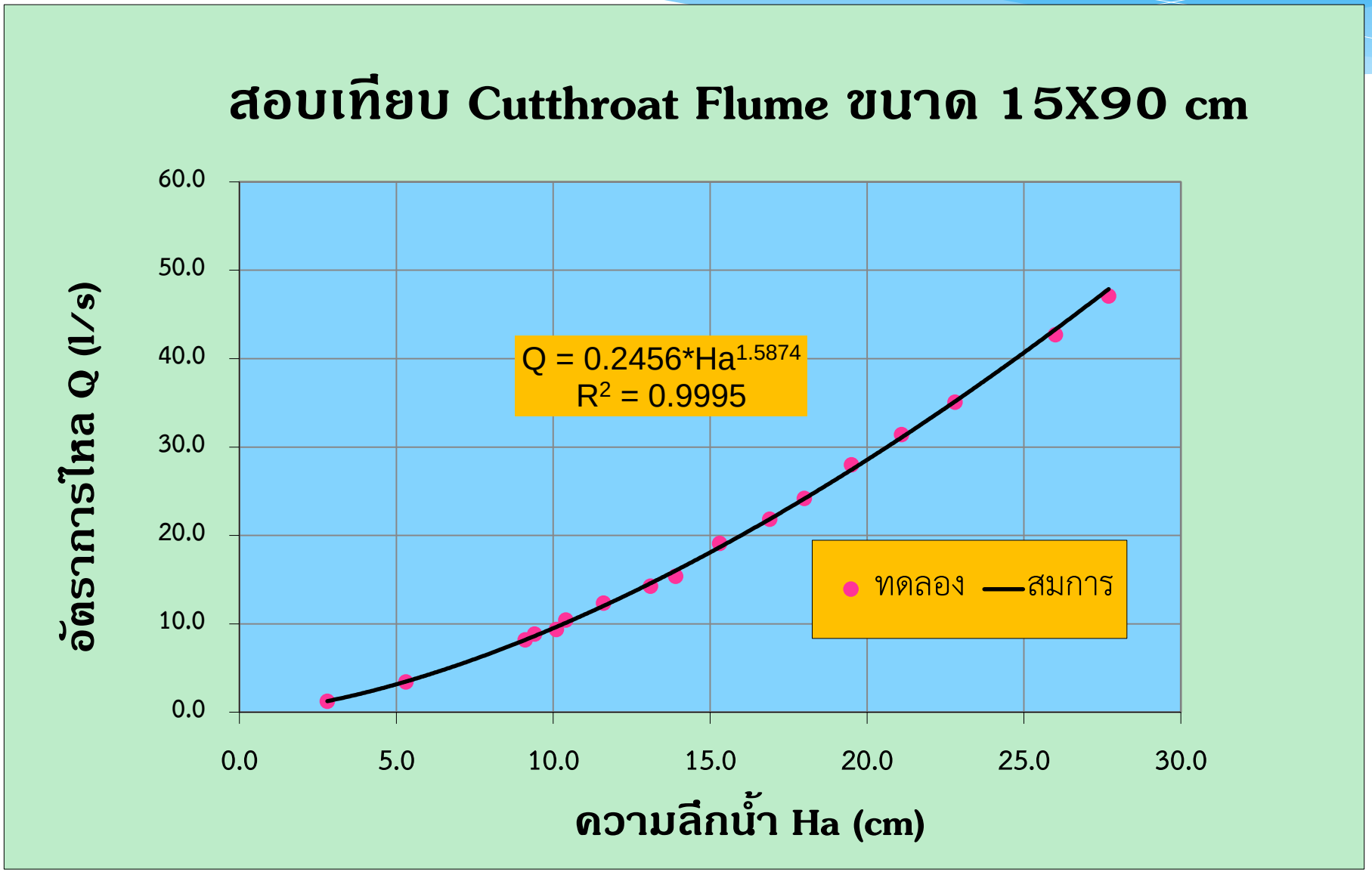
สอบเทียบรางวัดน้ำแบบ Cutthroat Flume ขนาด15X90 cm.



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

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความลึกน้ำ



เกณฑ์การพิจารณากำหนดความถี่ในการสอบเทียบ

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

จบการนำเสนอ